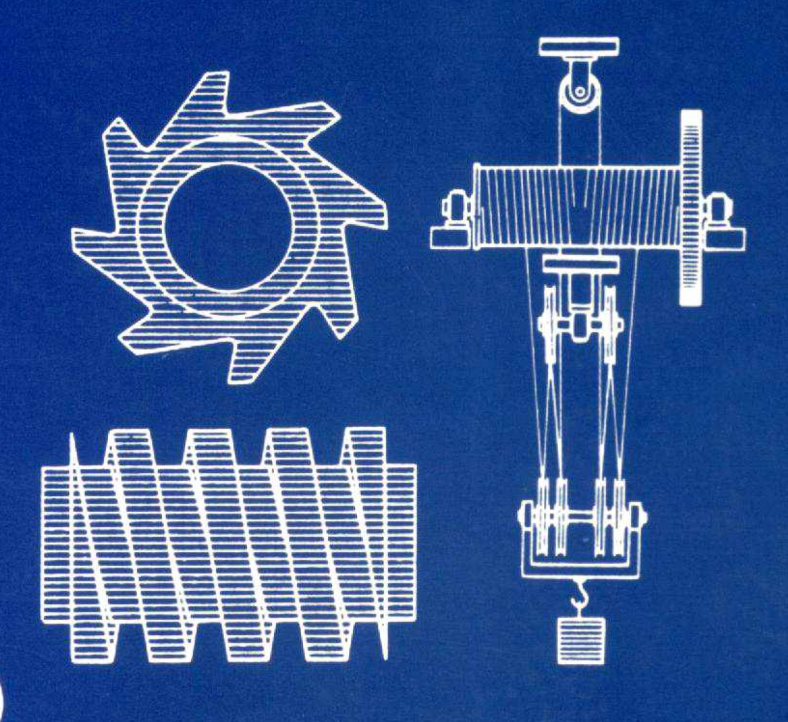
MÁQUINAS

PRONTUARIO

TÉCNICAS MÁQUINAS HERRAMIENTAS





N. LARBURU

A MODO DE PRÓLOGO

Se presenta un manual relacionado con la técnica industrial, principalmente mecánica, y dentro de ésta, determinadas funciones relativas al uso de las máquinas, herramienta de empleo generalizado en los talleres mecánicos.

En el texto se pretende que, conservando el rigor técnico, las materias tratadas presentadas con la extensión suficiente, sean fácilmente asimiladas tanto por los técnicos de oficina (Ingeniería, proyectos, delineación) como por los de taller (ingeniería, maestría, oficialía); también el texto está realizado de modo que pueda ser utilizado por aquellos estudiantes que mañana se han de dedicar a diversas técnicas mecánicas.

En la obra se ha incluido un gran número de ejemplos prácticos, así como numerosas Tablas, que facilitan la aplicación de los temas tratados.

La obra está dividida en Secciones, que se citan en el Sumario general con el que se inicia la misma; en éste se expresa el número de la página de cada Sección, y se expone por orden de numeración de páginas, su contenido, citando a la vez las Tablas correspondientes.

Por la disposición indicada, la obra carece de Índice general ya que es innecesario; si bien, para localizar fácilmente materias y conceptos, al final de la misma se incluye un Índice analítico.

En las tres primeras Secciones del texto, Trazados geométricos y Tablas usuales, Sistema Internacional de Medidas, S.I., y Propiedades físicas de los cuerpos, se puede considerar una generalización de materias; en las Secciones siguientes, Movimientos y fuerzas, Hidráulica y electricidad, Resistencia de materiales, Técnicas gráficas y representación simbólica, y Calidades superficiales, tolerancias y ajustes, sirven para su aplicación directa tanto en gabinete técnico como en el taller; finalmente, las Secciones Organos de tracción y sustentación. Engranajes, Cabezales y divisiones circunferenciales para fresado. Utiles de corte y abrasivos, y Operaciones de mecanizado, tienen una mayor incidencia en el taller. Se completa la obra con una Sección dedicada a: rosas, tornillos y arandelas, chavetas y conos.

No se han estudiado materias o medios relacionados con la fundición, forja, caldereria (chapa y estampación), por considerar que estas materias, con una exposición de máquinas, herramientas y útiles empleados en la fabricación y medida, deben ser objeto de otra obra.

Las Normas que se citan o incluyen en el texto, son de uso internacional.

Baracaldo, Vizcaya

N.L.A.

SUMARIO GENERAL

SECCIÓN PRIMERA

TABLAS GENERALES Y TRAZADOS GEOMÉTRICOS

Tablas generales	SIGNOS MATEMÁTICOS (1)	TABLA 1 · 1

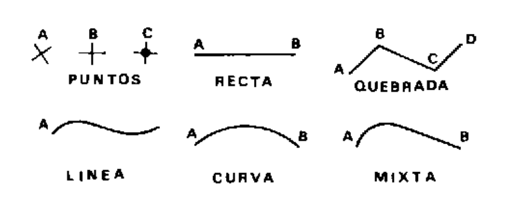
Signo	*Especificación*	*Signo*	*Especificación*
1. 1)	Primeramente	⊥	Perpendicular a
( )	Numeración de fórmulas	$\overline{AB}$	Segmento AB
/	Por (p. e. kg/cm²)	$\widehat{AOB}$	Ángulo AOB
...	Hasta, etc., ilimitado	$\overset{\frown}{AB}$	Arco AB
( ) [ ] { }	Paréntesis (abre, cierra)	π	Relación de la circunferencia al diámetro
		△	Triángulo
+	Más (suma)	□	Cuadrado
−	Menos (resta)	∅	Diámetro (d ó D)
±	Más menos (suma y resta)	@, A	Area
· × (2)	Multiplicado por		
: — / (3)	Dividido por	°	Grado sexagesimal
÷	Dividido por (en Est. Unidos Amér.)	′	Minuto sexagesimal
		″	Segundo sexagesimal
=	Igual	g	Grado centesimal
≠	No igual	′	Minuto centesimal
≡	Idéntico	″	Segundo centesimal
≢	No idéntico	R (rad)	Radián
>	Mayor que		
<	Menor que	sen	Seno
≫	Mucho mayor que	cos	Coseno
≪	Mucho menor que	tg	Tangente
≯	No mayor que	ctg	Cotangente
≮	No menor que	sec	Secante
~	Proporción, relación de semejanza	cosec	Cosecante
≅	Congruente		
		arc sen	Arco-seno
≧	Mayor o igual que	arc cos	Arco-coseno
≦	Menor o igual que	arc tg	Arco-tangente
≈	Igual aproximadamente	arc ctg	Arco-cotangente
≍	Equivalente	arc sec	Arco-secante
≙	Corresponde	arc cosec	Arco-cosecante
∥	Paralelas	Σ	Suma de
#	Iguales y paralelas	∞	Infinito
↑↑	Paralelas dirigidas en el mismo sentido	máx	Máximo
↓↑	Paralelas dirigidas en opuesto sentido	mín	Mínimo
→	Converge o se aproxima	lím	Límite
%	Centésima, por ciento	*d*	Diferencial de
‰	Milésima, por mil	*dx*	Diferencial de x
a^2	a elevada al cuadrado	∫	Integral de
a^n	a elevada a n	∫x	Integral de x
$\sqrt{a}$	Raíz cuadrada de a	φx	Derivada de φ respecto a x
$\sqrt[n]{a}$	Raíz enésima de a		
		∈	Forma parte de
$\log_a$	Logaritmo de base a	Δ	Incremento finito
log	Logaritmo decimal o vulgar	δ	Variación (incremento virtual)
l ó ln	Logaritmo natural o neperiano	!	Factorial
e	Base de los logaritmos neperianos	/z/	Módulo de z, valor absoluto de z

1) Coincide en parte con la Norma UNE 5010
2) El signo de multiplicar podrá ser omitido en cálculos con letras
3) En general se utilizará el signo —;: y / se emplearán solamente para reducir espacio

ALFABETO GRIEGO

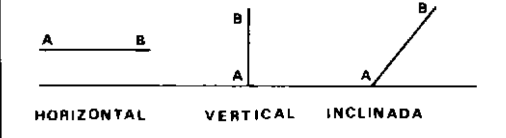
Letra	*Nombre*	*Letra*	*Nombre*	*Letra*	*Nombre*	*Letra*	*Nombre*
A α	alfa	H η	eta	N ν	ny	T τ	tau
B β	beta	Θ ϑ, θ	theta	Ξ ξ	xi	Υ υ	ipsilon
Γ γ	gamma	I ι	iota	O o	ómicron	Φ φ, ϕ	phi (fi)
Δ δ	delta	K $\kappa, \varkappa$	kappa	Π π, ϖ	pi	X χ	ji
E ε, ϵ	épsilon	Λ λ	lambda	P ρ	rho	Ψ ψ	psi
Z ζ	zeta	M μ	my	Σ σ	sigma	Ω ω	omega

Figuras geométricas	*LÍNEAS Y ÁNGULOS*



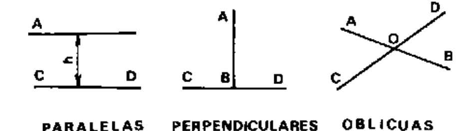
Puntos y líneas

Los puntos carecen de dimensión.
La línea tiene una dimensión, la longitud.
La recta tiene sus puntos en una dirección.
La curva no tiene parte de recta.
La línea quebrada está formada por rectas.
La línea mixta está formada por recta y curva.



Posición de rectas

a) Horizontal.—La que sigue la posición del horizonte.
b) Vertical.—La situada sobre la horizontal sin inclinarse más a un lado que a otro.
c) Inclinada.—La que incide sobre la horizontal inclinándose más a un lado que a otro.



Posición de dos rectas

a) Paralelas.—La distancia que las separa es constante.
b) Perpendiculares.—Una incide sobre la otra sin inclinarse más a un lado que a otro.
c) Oblicuas.—Se cortan inclinándose más a un lado que a otro.

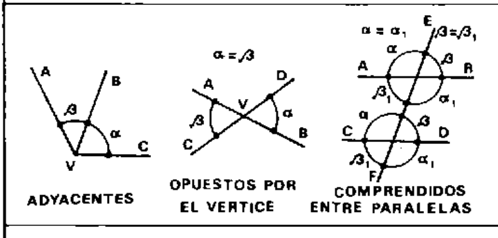
$\alpha = \beta$ — RECTO

α y β complementarios, $\alpha + \beta = 1L$ — AGUDO

α y β suplementarios, $\alpha + \beta = 2L$ — OBTUSO

Ángulos

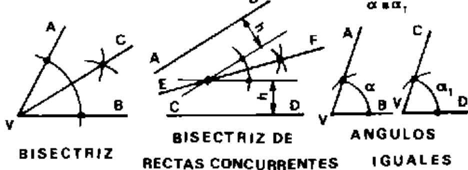
a) Recto.—Sus lados se cortan se cortan perpendicularmente; es una unidad de medida angular.
b) Agudo.—Su abertura es menor que la del recto.
c) Obtuso.—Su abertura es mayor que la del ángulo recto.



Relación entre ángulos

a) Ángulos adyacentes.—Tienen el vértice y un lado común.
b) Opuestos por el vértice.—Son iguales (lados, unos continuación de los otros).
c) Comprendidos entre paralelas.—Cuatro a cuatro son iguales (alternos internos, alternos externos y correspondientes).



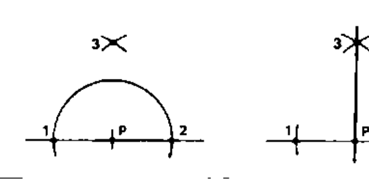


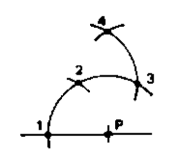
Bisectriz e igualdad

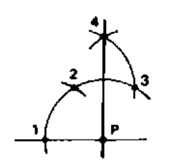
La bisectriz divide al ángulo en dos partes iguales (cuando el vértice no es accesible se trazará un ángulo auxiliar por medio de paralelas equidistantes.

Los ángulos son iguales cuando tienen la misma abertura sin tener en cuenta la longitud de los dos lados.

PERPENDICULARES Y PARALELAS



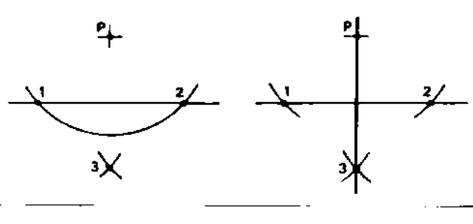


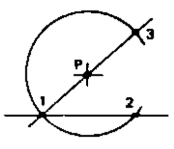


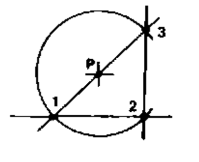
Perpendicular que pasa por la recta

1.° Desde el punto P se describe un arco que corta a la recta en los puntos 1 y 2, y desde éstos con radio conveniente se describen otros arcos que se cortan en el punto 3. La recta P-3 es la perpendicular propuesta.

2.° Desde el punto P se describe un arco que corta a la recta en el punto 1 y desde este con el mismo radio se describe otro arco que corta al anterior en el punto 2, para trazar seguidamente desde este punto y con el mismo radio otro arco que corte al primero en el punto 3; finalmente, desde 3 y con el mismo radio se describirá otro arco que cortará al anterior en el punto 4. La recta P-4 es la perpendicular propuesta.



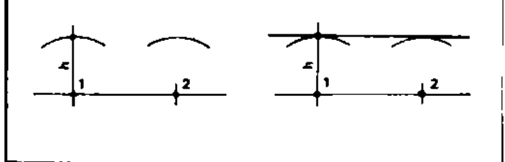




Perpendicular que pasa por un punto P situado fuera de la recta

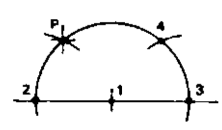
1.° Desde el punto P se describe un arco que corta a la recta en los puntos 1 y 2, y desde éstos con radio conveniente se describen otros arcos que se cortan en el punto 3. La recta P-3 es la perpendicular propuesta.

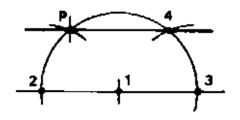
2.° Desde el punto P se describe un arco que corta a la recta en los puntos 1 y 2, y se traza una recta que uniendo los puntos 1 y P cortará al arco anteriormente descrito en el punto 3. La recta que une los puntos 2 y 3 es la perpendicular propuesto.



Paralela a la distancia *h* de una recta

Desde puntos 1 y 2 de la recta y con radio igual a la distancia h se describen arcos; la recta tangente a los arcos es la paralela propuesta.

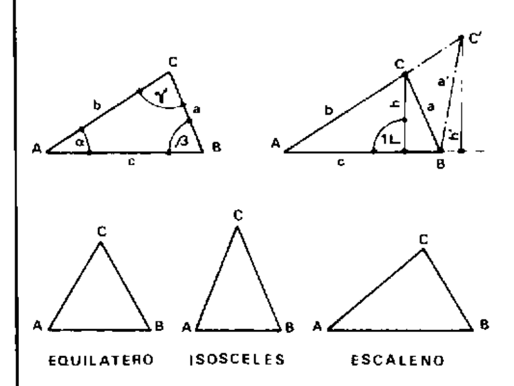




Paralela que pase por un punto P situado fuera de la recta

Desde un punto 1 de la recta se describe un arco que pasando por el punto P corta a la recta en los puntos 2 y 3; desde el punto 3 con radio igual a 1-P se describe otro arco que corta al primero en el punto 4. La recta P-4 es la paralela propuesta.

EL TRIÁNGULO





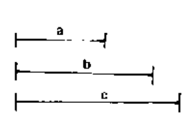
Triángulo

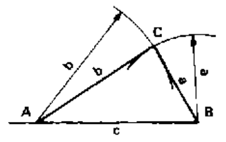
Triángulo es el polígono de menor número de lados; se compone de tres lados y otros tántos ángulos interiores.

El triángulo es indeformable aunque sus vértices estén articulados.

Según sus lados, se denomina equilátero cuando los tres son iguales, isósceles cuando son dos iguales, y escaleno cuando los tres son desiguales.

Todo triángulo puede resolverse conocidos tres de sus elementos, que no sean los tres ángulos (indeterminado).

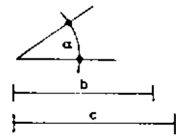


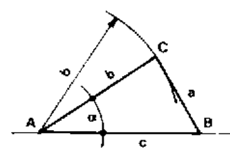


Construcción de triángulos

1.° Conocidos los tres lados.

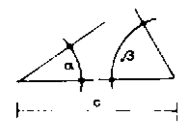
Se dispone la base (c) y desde sus extremos con radios iguales a los lados respectivos se trazan arcos que se corten.

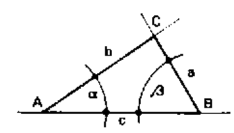




2.° Conocida la base (un lado cualquiera) otro lado y el ángulo comprendido.

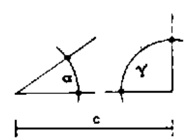
Se dispone la base y el ángulo conocido y desde el vértice con el lado respectivo se traza un arco que corte al lado del ángulo.

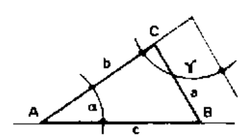




3.° Conocida la base y los dos ángulos adyacentes.

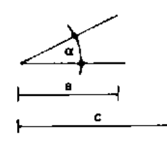
Se dispone la base con los ángulos respectivos y se prolongan los lados de éstos hasta que se corten.

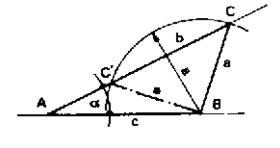




4.° Conocida la base un ángulo adyacente y el ángulo opuesto.

Se dispone la base con el ángulo adyacente y sobre el lado de éste el otro ángulo conocido; por el otro extremo de la base se trazará una paralela al lado del ángulo opuesto que corte al otro lado.





5.° Conocida la base, un ángulo adyacente y el lado opuesto a este ángulo.

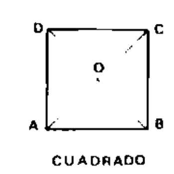
Se dispone la base con el ángulo adyacente y desde el otro extremo con radio igual al lado se describe marco que corte al lado del ángulo. El problema tiene dos soluciones si el ángulo es agudo y el lado conocido es menor que la base.

Figuras geométricas

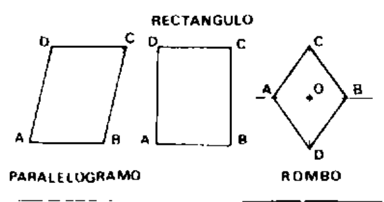
CUADRILÁTERO, CIRCUNFERENCIA Y POLÍGONOS REGULARES

Trapecio ABC'D

CUADRILATERO



CUADRADO



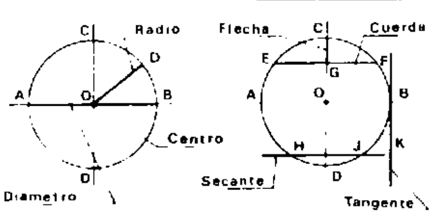
PARALELOGRAMO

Cuadrilátero

El cuadrilátero es un polígono que está formado por cuatro lados.

Los cuadriláteros más importantes son:

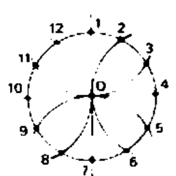
a) El cuadrado que tiene los cuatro lados iguales y sus ángulos interiores son rectos.
b) El paralelogramo, cuyos lados son iguales y paralelos dos a dos.
c) El rectángulo, paralelogramo cuyos ángulos interiores son rectos.
d) El rombo, paralelogramo cuyos lados son iguales; sus diagonales se cortan perpendicularmente.
e) El trapecio, cuadrilátero que tiene dos lados paralelos y otros dos que no lo son (puede ser rectángulo, isósceles o escaleno).
f) El trapezoide, cuadrilátero que no tiene ninguno de sus lados paralelos.

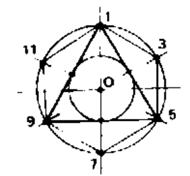


Circunferencia

La circunferencia es una curva cerrada y plana cuyos puntos equidistan de otro (el centro).

Las lineas más importantes trazadas sobre la circunferencia son: el diámetro (AB o CD), el radio (OD), la cuerda y flecha o sagita (EF y CG), la secante (HJ) y la tangente (BK).





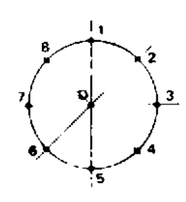

TRIANGULO Y EXAGONO

Polígonos regulares

Los polígonos regulares tienen todos sus lados y ángulos iguales.

Los polígonos regulares pueden inscribirse en una circunferencia, y a la vez, una circunferencia se puede inscribir en un polígono regular.

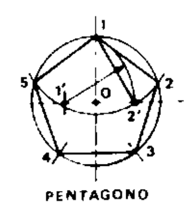
El triángulo, exágono y dodecágono regular, pueden trazarse dividiendo la circunferencia en la que se inscriben en 3, 6 y 12 partes iguales, mediante arcos descritos desde los extremos de diámetros perpendiculares y de radio igual al de la circunferencia.




CUADRADO Y OCTOGONO

El cuadrado y el octógono regular se pueden obtener al quedar dividida la circunferencia que los contiene (inscritos), en cuatro y ocho partes iguales mediante diámetros perpendiculares entre sí (a un medio de recto en el octógono).

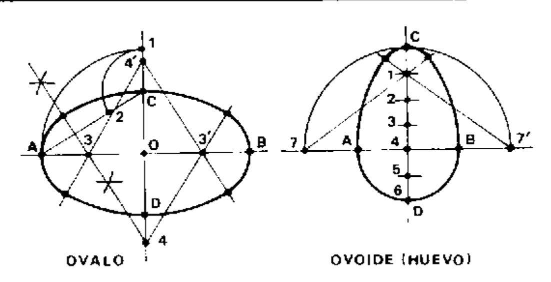
El lado del pentágono regular queda determinado por la cuerda de un arco trazado desde el punto medio de un radio y que pasando por el extremo de un diámetro corta a otro perpendicular a éste.


PENTAGONO


PENTAGONO ESTRELLADO

Dividida la circunferencia en partes iguales, se pueden trazar polígonos estrellados regulares.

ÓVALO Y OVOIDE, PARÁBOLA E HIPÉRBOLA

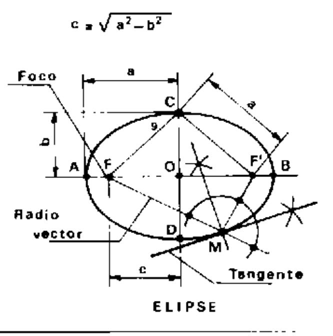


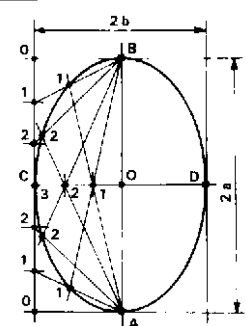
Óvalo y ovoide

El óvalo es una curva plana cerrada con la concavidad vuelta a la parte de afuera y simétrica respecto a uno o dos ejes.

Ovoide es una curva cerrada que tiene la forma de huevo.

El trazado de estas curvas es variable y depende de los datos conocidos en cada caso (longitud de uno o dos ejes, radios parciales de las curvas.



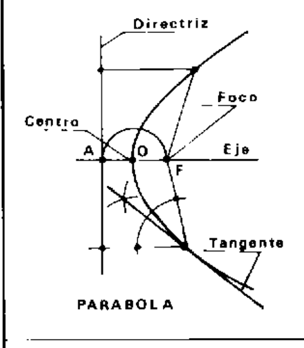


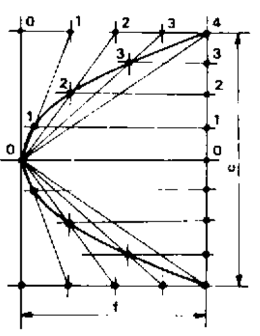
Elipse

La elipse es una curva cerrada y plana simétrica respecto de dos ejes perpendiculares entre sí y con dos focos.

La elipse resulta de cortar un cono recto circular por un plano del mismo lado del vértice.

Se expone su trazado por medio de puntos, mediante divisiones iguales de los ejes.

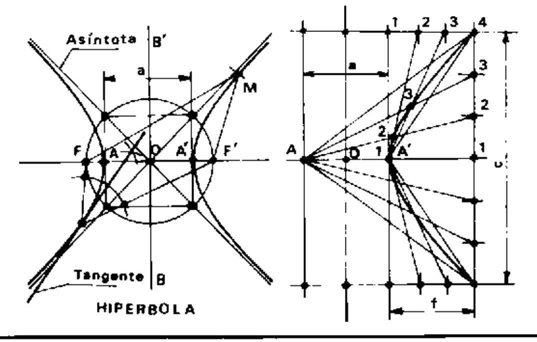




Parábola

La parábola es una curva abierta, simétrica respecto de un eje, con un solo foco, y que resulta del corte de un cono recto circular por un plano paralelo a la generatriz extrema y que encuentra a las otras en una sola hoja.

La directriz de la parábola y el foco se hallan a la misma distancia del punto según el que la corta el eje.

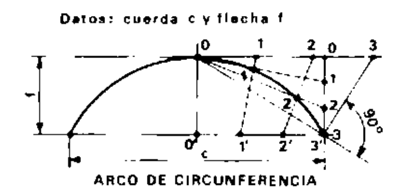


Hipérbola

La hipérbola es una curva simétrica respecto de dos ejes perpendiculares entre sí, con dos focos, compuesta de dos ramas o porciones abiertas dirigidas en opuesto sentido y que se aproximan indefinidamente a dos asíntotas.

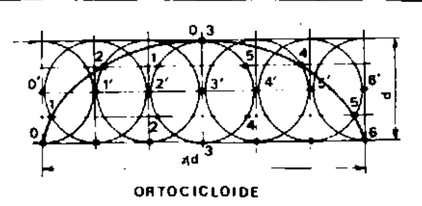
Resulta de la intersección de una superficie cónica con un plano que encuentra a todas las generatrices, unas por el lado del vértice y otras en su prolongación por el lado opuesto.

CURVAS REPRESENTATIVAS



Arco de circunferencia

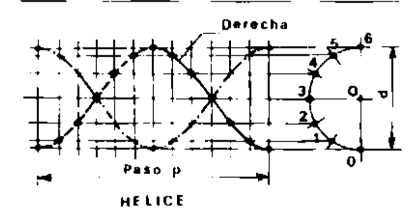
Para su trazado se dividirá en el mismo número de partes iguales la semicuerda, la fecha, y una paralela a la cuerda comprendida entre el extremo de la fecha y una perpendicular a la recta que une este punto con el extremo de la cuerda.



Cicloides

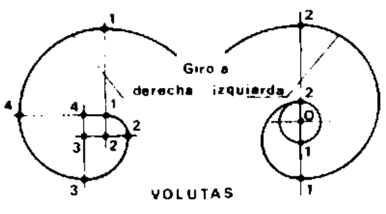
Curvas engendradas por un punto de una circunferencia (generatriz) cuando ésta gira sin deslizarse sobre una línea fija (base o directriz).

Cuando la base es una línea recta, la cicloide descrita es una ortocicloide.



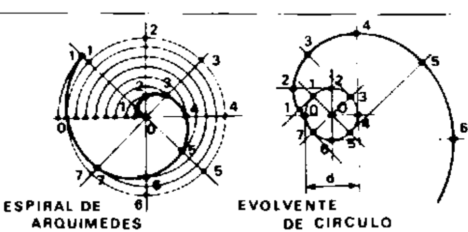
Hélice

Curva de longitud indefinida que da vueltas en la superficie de un cilindro formando ángulos iguales con las generatrices.



Volutas

Son curvas planas en forma de espiral o caracol, formadas, por arcos de circunferencia.

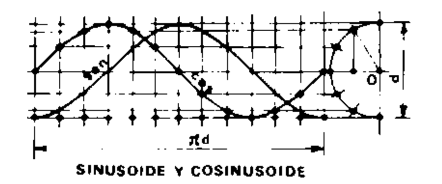


Espiral

Curva plana que da indefinidamente vueltas alrededor de un punto alejándose cada vez más ese cada vuelta.

Evolvente de círculo

Curva plana de forma de espiral engendrada por un punto de una recta (regla) inicialmente tangente a una circunferencia y que se mueve sin deslizarse sobre esta.



Sinusoide y cosinusoide

Curvas representativas de las variaciones del seno y coseno en el circulo de radio unidad, para ángulos de 0 a 360°.

TRAZADO DE LEVAS PARA FUNCIÓN PREFIJADA

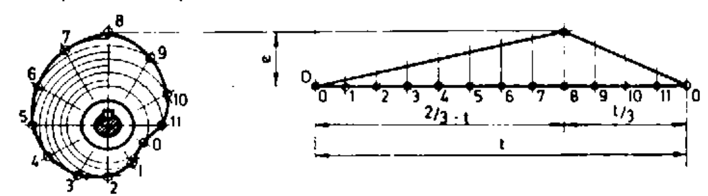
Generalidades

Para el trazado de excéntricas o levas, considerado un sistema de coordenadas cartesianas se toma, a partir del centro O una longitud que corresponderá al tiempo t que invertirá en una vuelta o revolución el árbol de la leva, y como ordenadas se dispondrán longitudes correspondientes a los desplazamientos del vástago movido por la leva en las partes del tiempo t correspondientes. El trazado de la leva se efectuará disponiendo separaciones radiales según los tiempos parciales, y llevando sobre los radios a partir del centro, las alturas de las ordenadas respectivas.

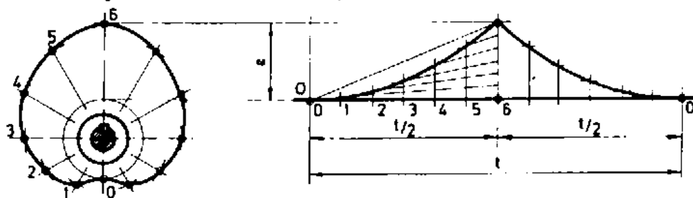
Variedad de levas

A título de ejemplo se representan cuatro excéntricas o levas, que servirán como guía para la representación o trazado de otras iguales o similares.

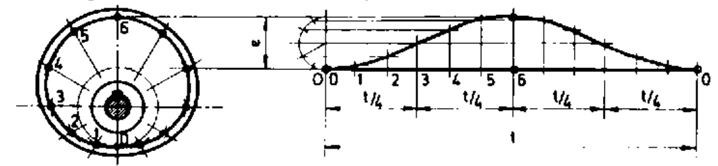
a) Leva para movimiento uniforme. — Las ordenadas están limitadas por líneas rectas; sus valores se llevarán sobre las correspondientes rectas radiales. La forma exterior de estas levas están limitadas por partes de espirales de Arquímedes.



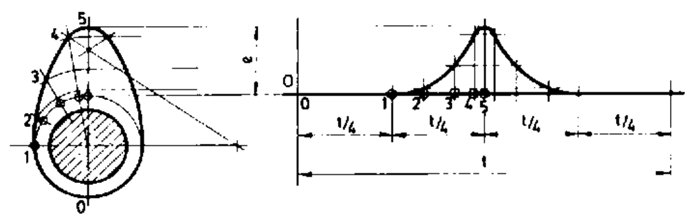
b) Leva para movimiento uniformemente variado. — Las ordenadas están limitadas por semiparábolas, y si éstas son iguales la leva toma la forma cardioide. Como en todas las levas, para evitar movimientos bruscos del vástago, se redondearán en los puntos de enlace O (cero).



c) Leva para movimiento armónico. — Las ordenadas están limitadas por una curva senoide; la leva imprimirá al vástago movimientos de aceleración y desaceleración con relativa suavidad.



d) Leva para vástago en movimiento y parado girando el árbol de la leva. — En el sistema de coordenadas, parte de la línea que limita las ordenadas coincide con el eje (ordenadas nulas).



Tablas generales

FUNCIONES NOTABLES DE π

TABLA 2 · 1

$\pi = 3,141592654$
$\log \pi = 0,49714987$

Función	Valor numérico
π	3,141593
2π	6,283185
3π	9,424778
4π	12,566371
5π	15,707963
6π	18,849556
7π	21,991149
8π	25,132741
9π	28,274334
π^2	9,869604
π^3	31,006277
π^4	97,409091
$\pi:2$	1,570796
$\pi:3$	1,047198
$\pi:4$	0,785398
$\pi:5$	0,628319
$\pi:6$	0,523599
$\pi:7$	0,448799
$\pi:8$	0,392699
$\pi:9$	0,349066
$\pi:12$	0,261799
$\pi:16$	0,196350
$\pi:32$	0,098175
$\pi:64$	0,049087
$\pi:90$	0,034907
$\pi:180$	0,017453
$\pi:360$	0,008727
$1:\pi$	0,318310
$2:\pi$	0,636620
$3:\pi$	0,954930
$4:\pi$	1,273240
$5:\pi$	1,591549
$6:\pi$	1,909859
$7:\pi$	2,228169
$8:\pi$	2,546479
$9:\pi$	2,864789
$16:\pi$	5,092958
$64:\pi$	20,371833
$180:\pi$	57,295780
$360:\pi$	114,591559
$1:\pi^2$	0,101321
$1:\pi^3$	0,032252
$1:\pi^4$	0,010266

Función	Valor numérico
$\sqrt{\pi}$	1,1772454
$\sqrt{2\pi}$	2,506628
$\sqrt{3\pi}$	3,069980
$\sqrt[3]{\pi}$	1,464592
$\sqrt[3]{2\pi}$	1,845270
$\sqrt[3]{3\pi}$	2,112307
$\pi\sqrt{\pi}$	5,568328
$\pi\sqrt{2\pi}$	7,874805
$\pi\sqrt{3\pi}$	9,644627
$4\pi^2$	39,478418
$4:\pi^2$	0,405285
$\pi^2:4$	2,467401
$16:\pi$	5,092958
$\pi^2:16$	0,616850
$16:\pi^2$	1,621139
$2:\sqrt{\pi}$	1,128379
$3:\sqrt{\pi}$	1,692569
$\pi:\sqrt{2}$	2,221441
$\pi:\sqrt{3}$	1,813799
$2\pi:\sqrt{2}$	4,442883
$2\pi:\sqrt{3}$	3,627599
$\pi:\sqrt{\pi}$	1,772454
$2\pi:\sqrt{\pi}$	3,544908
$3\pi:\sqrt{\pi}$	5,317362

Función	Valor numérico
$\sqrt{\pi:2}$	1,253314
$\sqrt{\pi:3}$	1,023327
$\sqrt{\pi:4}$	0,886227
$\sqrt{1:\pi}$	0,564190
$\sqrt{2:\pi}$	0,797885
$\sqrt{3:\pi}$	0,977205
$\sqrt{4:\pi}$	1,128379
$\sqrt{90:\pi}$	5,352372
$\sqrt[3]{\pi:2}$	1,162447
$\sqrt[3]{\pi:3}$	1,015491
$\sqrt[3]{\pi:4}$	0,922635
$\sqrt[3]{1:\pi}$	0,682784
$\sqrt[3]{2:\pi}$	0,860254
$\sqrt[3]{3:\pi}$	0,984745
$\pi:g$	0,320244
$\pi:\sqrt{g}$	1,003033
$\pi:\sqrt{2g}$	0,709252
$\pi^2:g$	1,006076
$\pi\sqrt{g}$	9,839757
$\pi\sqrt{2g}$	13,915518

Tablas generales

POTENCIAS Y RAÍCES DE FRACCIONES NOTABLES

TABLA 3.1.

Fracción	Cuadrado	Cubo	Raíz cuadrada	Raíz cúbica	Fracción	Cuadrado	Cubo	Raíz cuadrada	Raíz cúbica
1/32	0,000977	0,0000305	0,17678	0,31498	17/32	0,28223	0,14993	0,72887	0,80992
1/16	0,003906	0,000244	0,25	0,39685	9/16	0,31641	0,17798	0,75	0,82548
3/32	0,008789	0,000824	0,30619	0,45428	19/32	0,35254	0,20932	0,77055	0,84049
1/8	0,01563	0,001953	0,35355	0,50	5/8	0,39063	0,24414	0,79057	0,85499
5/32	0,02441	0,003815	0,39528	0,53861	21/32	0,43066	0,28262	0,81009	0,86901
3/16	0,03516	0,006592	0,43301	0,57236	11/16	0,47266	0,32495	0,82916	0,88259
7/32	0,04785	0,01047	0,46771	0,60254	23/32	0,51660	0,37131	0,84779	0,89576
1/4	0,06250	0,01563	0,50	0,62996	3/4	0,56250	0,42188	0,86603	0,90856
9/32	0,07910	0,02225	0,53033	0,65519	25/32	0,61035	0,47684	0,88388	0,92101
5/16	0,09766	0,03052	0,55902	0,67860	13/16	0,66016	0,53638	0,90139	0,93313
11/32	0,11816	0,04062	0,58630	0,70051	27/32	0,71191	0,60068	0,91856	0,94494
3/8	0,14063	0,05273	0,61237	0,72112	7/8	0,76563	0,66992	0,93541	0,95647
13/32	0,16504	0,06705	0,63738	0,74062	29/32	0,82129	0,74429	0,95197	0,96772
7/16	0,19141	0,08374	0,66144	0,75915	15/16	0,87891	0,82397	0,96825	0,97872
15/32	0,21973	0,10300	0,68465	0,77681	31/32	0,93848	0,90915	0,98425	0,98947
1/2	0,25	0,125	0,70711	0,79370	1/1	1,00	1,00	1,00	1,00

SOLUCIÓN DE ECUACIONES

Ecuaciones de primer grado con una incógnita

Para determinar la incógnita basta una ecuación; a y b términos conocidos, x la incógnita

$x + a = b,\ x = b - a\ ;\ ax = b,\ x = \frac{b}{a}\ ;\ x^n = a,\ x = \sqrt[n]{a}$. $\quad a^x = b\ ,\ x = \frac{\log b}{\log a}$

$x - a = b,\ x = a + b\ ;\ a{:}x = b,\ x = ab\ ;\ \sqrt[n]{x} = a,\ x = a^n.$

Ecuaciones de primer grado con dos incógnitas

Para la determinación de las incógnitas son necesarias dos ecuaciones; incógnitas x, y.

Presentación: $4x + 3y = 36\ ,\ 6x - 5y = 16$

1.ª Solución. – Por multiplicación:

$(4x + 3y) \times 5 = 36 \times 5;\quad 20x + 15y = 180.$ Substituyendo x por 6, $\quad 4 \times 6 + 3y = 36$

$(6x - 5y) \times 3 = 16 \times 3;\quad \frac{18x - 15y = 48}{38x \qquad = 228}\ ;\ x = \frac{228}{36} = 6 \qquad y = \frac{36 - 24}{3} = 4$

2.ª Solución. – Por igualación

$$\left.\begin{array}{l} x = \dfrac{36 - 3y}{4} \\ x = \dfrac{16 + 5y}{6} \end{array}\right\}\ \frac{36 - 3y}{4} = \frac{16 - 5y}{6}\ ;\ \frac{216 - 18y}{24} = \frac{64 + 20y}{24}\ ;\ 216 - 64 = 20y + 18y\ ;\ y = \frac{152}{38} = 4$$

$$x = \frac{16 + (5 \times 4)}{6} = 6$$

3.ª Solución. – Por substitución.

$$x = \frac{36 - 3y}{4}$$

$$6 \times \frac{36 - 3y}{4} - 5y = 16\ ;\ 216 - 18y - 20y = 64\ ;\ y = \frac{216 - 64}{18 + 20} = 4\ ;\ x = \frac{36 - (3 \times 4)}{4} = 6$$

Ecuaciones de primer grado con tres incógnitas

Para la solución del problema son precisas tres ecuaciones; incógnitas x, y, z.

$$2x + 3y - 2z = 3\ ;\ x = \frac{3 - 3y + 2z}{2}$$

$$3x - 2y + 2z = 10$$

$$-4x + 3y + z = 6$$

$$3x \frac{3 - 3y + 2z}{2} - 2y + 2z = 10\ ;\ -13y + 10z = 11\ ;\ y = \frac{-11 + 10z}{11}$$

$$4x \frac{3 - 3y + 2z}{2} + 3y + z = 6\ ;\ 18y - 6z = 24$$

$$18x \frac{-11 + 10z}{13} - 6z = 24\ ;\ 108z = 510$$

$$z = \frac{510}{108} = 5\ ;\ y = \frac{-11 + (10 \times 5)}{13} = 3\ ;\ x = \frac{3 - (3 \times 3) + (2 \times 5)}{2} = 2$$

Ecuaciones de segundo grado

Forma general, $ax^2 + bx + c = 0\ ;\ x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (= x'\ ,\ x'')$

Para $a = 1,\ x^2 \pm bx \pm c = 0\ ;\ x = \frac{b}{2} \pm \sqrt{\frac{b^2}{4} - c}$

Para $b = 0,\ ax^2 + c = 0\ ;\ x = \pm \sqrt{-\frac{c}{\alpha}}$

Para $c = 0,\ ax^2 + bx = 0\ ;\ x' = 0,\ x'' = -\frac{b}{a}$

Para $b = 0$ y $c = 0,\ ax^2 = 0;\ x = 0$

Ecuación bicuadrada

$$ax^4 + bx^2 + c = 0\ ;\ x = \pm\sqrt{-\frac{b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}}$$

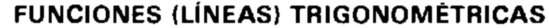
$$x' = +\sqrt{\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}}\ ;\ x'' = -\sqrt{\frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}}\ ;\ x''' = +\sqrt{\frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}}\ ;$$

$$;\ x'''' = -\sqrt{\frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}}$$

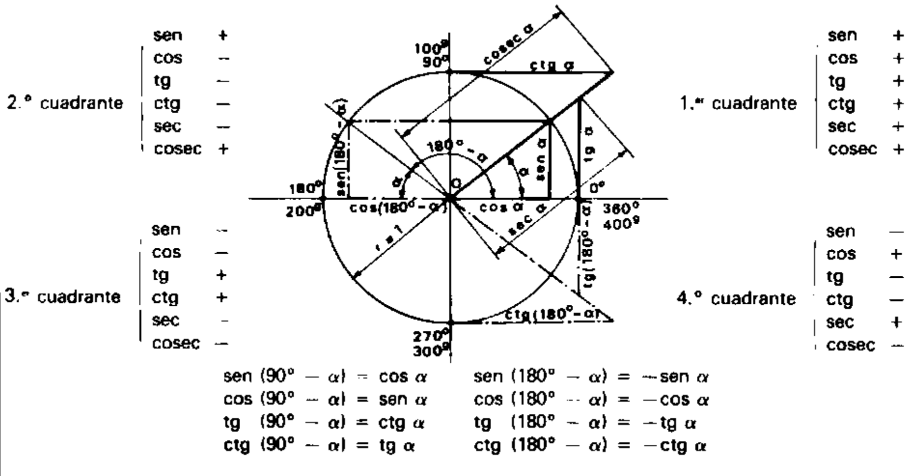
Ecuación de tercer grado

$z^3 + az^2 + bz + c = 0$, haciendo $z = \frac{a}{3}$ resulta: $x^3 + px + q = 0$, en la que $p = b - \frac{a}{3}$ y $q =$
$= c + \frac{2a^3}{27} - \frac{ab}{3}$

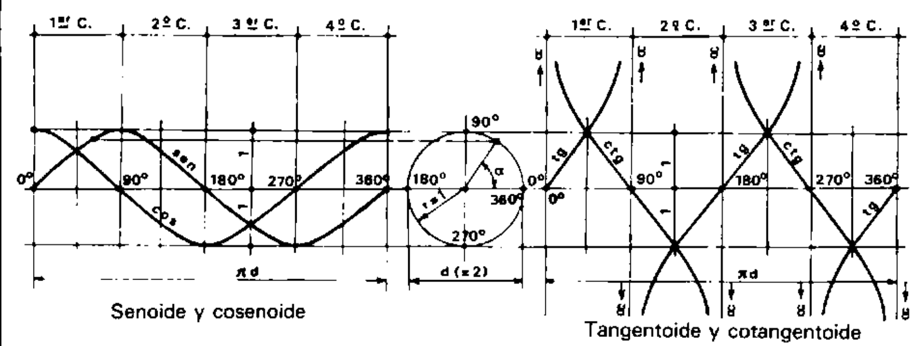
Siendo $\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3 > 0$, $x = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}} + \sqrt{-\frac{q}{2} + \sqrt{\left(\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}}$



FUNCIONES (LÍNEAS) TRIGONOMÉTRICAS



VARIACIÓN DE LAS FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS



Senoide y cosenoide

Tangentoide y cotangentoide

FUNCIONES TRIGONOMETRICAS PARTICULARES								
Grados	*0°*	*30°*	*45°*	*60°*	*90°*	*180°*	*270°*	*360°*
	0g	*33 1/3g*	*50g*	*66 2/3g*	*100g*	*200g*	*300g*	*400g*
sen =	*0*	*1/2 = 0,5000*	*1/2 √2 ≈ 0,7071*	*1/2 √3 ≈ 0,8660*	*1*	*0*	*−1*	*0*
cos =	*1*	*1/2 √3 ≈ 0,8660*	*1/2 √2 ≈ 0,7071*	*1/2 = 0,5000*	*0*	*−1*	*0*	*1*
tg =	*0*	*1/3 √3 ≈ 0,5774*	*1*	*√3 ≈ 1,7321*	*∞*	*0*	*∞*	*0*
ctg =	*∞*	*√3 ≈ 1,7321*	*1*	*1/3 √3 ≈ 0,5774*	*0*	*∞*	*0*	*∞*

Trigonometría

RELACIÓN ENTRE FUNCIONES TRIGONOMÉTRICAS

Equivalencias entre las funciones trigonométricas

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\operatorname{sen}\alpha}{\cos\alpha} \qquad \operatorname{sen}^2\alpha + \cos^2\alpha = 1 \qquad \operatorname{ctg}\alpha = \frac{\cos\alpha}{\operatorname{sen}\alpha}$$

sen	*cos*	*tg*	*ctg*
$\operatorname{sen}\alpha$	$\sqrt{1-\cos^2\alpha}$	$\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha}}$	$\frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{ctg}^2\alpha}}$
$\sqrt{1-\operatorname{sen}^2\alpha}$	$\cos\alpha$	$\frac{1}{\sqrt{1+\operatorname{tg}^2\alpha}}$	$\frac{\operatorname{ctg}\alpha}{\sqrt{1+\operatorname{ctg}^2\alpha}}$
$\frac{\operatorname{sen}\alpha}{\sqrt{1-\operatorname{sen}^2\alpha}}$	$\frac{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}{\cos\alpha}$	$\operatorname{tg}\alpha$	$\frac{1}{\operatorname{ctg}\alpha}$
$\frac{\sqrt{1-\operatorname{sen}^2\alpha}}{\operatorname{sen}\alpha}$	$\frac{\cos\alpha}{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}$	$\frac{1}{\operatorname{tg}\alpha}$	$\operatorname{ctg}\alpha$

Las relaciones de una función con otras, se expresan en la fila horizontal del recuadro correspondiente.

$$\sec\alpha = \frac{1}{\cos\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1-\operatorname{sen}^2\alpha}} \; ; \; \operatorname{cosec}\alpha = \frac{1}{\operatorname{sen}\alpha} = \frac{1}{\sqrt{1-\cos^2\alpha}}$$

Estas funciones, sec y cosec, son poco utilizadas.
(En las Tablas $4_1 \cdot 1$ a $4_4 \cdot 1$, funciones para ángulos de 0° a 90°).

Funciones de la suma y diferencia de dos ángulos

$$\operatorname{sen}(\alpha \pm \beta) = \operatorname{sen}\alpha\cos\beta \pm \cos\alpha\operatorname{sen}\beta \; ; \qquad \cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha\cos\beta \mp \operatorname{sen}\alpha\operatorname{sen}\beta$$

$$\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg}\alpha \pm \operatorname{tg}\beta}{1 \mp \operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta} \; ; \qquad \operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg}\alpha\operatorname{ctg}\beta \mp 1}{\operatorname{ctg}\beta \pm \operatorname{ctg}\alpha}$$

Funciones del duplo de un ángulo

$$\operatorname{sen}2\alpha = 2\operatorname{sen}\alpha\cos\alpha = \frac{2}{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{ctg}\alpha} \; ; \; \cos 2\alpha = \cos^2\alpha - \operatorname{sen}^2\alpha = 1 - 2\operatorname{sen}^2\alpha = 2\cos^2\alpha - 1$$

$$\operatorname{tg}2\alpha = \frac{2\operatorname{tg}\alpha}{1-\operatorname{tg}^2\alpha} = \frac{2}{\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{tg}\alpha} \; ; \; \operatorname{ctg}2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2\alpha - 1}{2\operatorname{ctg}\alpha} = \frac{\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{tg}\alpha}{2}$$

Funciones del medio de un ángulo

$$\operatorname{sen}\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{2}} \; ; \; \cos\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{2}} \; ; \; \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{1+\cos\alpha}} \; ; \; \operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1+\cos\alpha}{1-\cos\alpha}}$$

Producto de las funciones de dos ángulos

$$\operatorname{sen}\alpha\operatorname{sen}\beta = \frac{\cos(\alpha-\beta) - \cos(\alpha+\beta)}{2} \; ; \; \cos\alpha\cos\beta = \frac{\cos(\alpha-\beta) + \cos(\alpha+\beta)}{2}$$

$$\operatorname{sen}\alpha\cos\beta = \frac{\operatorname{sen}(\alpha+\beta) + \operatorname{sen}(\alpha-\beta)}{2} \; ; \; \cos\alpha\operatorname{sen}\beta = \frac{\operatorname{sen}(\alpha+\beta) - \operatorname{sen}(\alpha-\beta)}{2}$$

$$\operatorname{tg}\alpha\operatorname{tg}\beta = \frac{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta}{\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta} = -\frac{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta}{\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta} \; ; \; \operatorname{ctg}\alpha\operatorname{ctg}\beta = \frac{\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta}{\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta} = \frac{\operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}\beta}{\operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta}$$

Suma y diferencia de las funciones de dos ángulos

$$\operatorname{sen}\alpha + \operatorname{sen}\beta = 2\operatorname{sen}\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2} \; ; \; \operatorname{sen}\alpha - \operatorname{sen}\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\operatorname{sen}\frac{\alpha-\beta}{2}$$

$$\cos\alpha + \cos\beta = 2\cos\frac{\alpha+\beta}{2}\cos\frac{\alpha-\beta}{2} \; ; \; \cos\alpha - \cos\beta = -2\operatorname{sen}\frac{\alpha+\beta}{2}\operatorname{sen}\frac{\alpha-\beta}{2}$$

$$\operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\beta = \frac{\operatorname{sen}(\alpha+\beta)}{\cos\alpha\cos\beta} \; ; \; \operatorname{tg}\alpha - \operatorname{tg}\beta = \frac{\operatorname{sen}(\alpha-\beta)}{\cos\alpha\cos\beta} \; ; \; \operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta = \frac{\operatorname{sen}(\beta+\alpha)}{\operatorname{sen}\alpha\operatorname{sen}\beta} \; ;$$

$$; \; \operatorname{ctg}\alpha - \operatorname{ctg}b = \frac{\operatorname{sen}(\beta-\alpha)}{\operatorname{sen}\alpha\operatorname{sen}\beta}$$

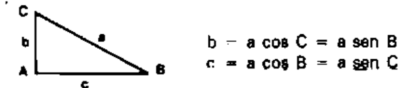
Diferencia del cuadrado del seno y coseno de dos ángulos y duplo del cuadrado

$$\operatorname{sen}^2\alpha - \operatorname{sen}^2\beta = \cos^2\beta - \cos^2\alpha = \operatorname{sen}(\alpha+\beta)\operatorname{sen}(\alpha-\beta) \; ; \; \cos^2\alpha - \operatorname{sen}^2\beta = \cos^2\beta - \operatorname{sen}^2\alpha =$$
$$= \cos(\alpha+\beta)\cos(\alpha-\beta) \; 2\operatorname{sen}^2\alpha = 1 - \cos 2\alpha \; ; \; 2\cos^2\alpha \; ; \; 2\cos^2\alpha = 1 + \cos 2\alpha$$

RESOLUCIÓN DE TRIÁNGULOS

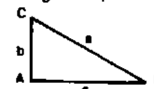
RELACIONES FUNDAMENTALES

1.ª Relación. – En todo triángulo, cada cateto es igual a la hipotenusa multiplicada por el coseno del ángulo comprendido entre ambos, o por el seno del ángulo opuesto al cateto desconocido.



$$b = a \cos C = a \operatorname{sen} B$$
$$c = a \cos B = a \operatorname{sen} C$$

2.ª Relación. – En todo triángulo rectángulo, cada cateto es igual a otro multiplicado por la tangente del ángulo opuesto al cateto desconocido, o por la tangente del ángulo adyacente.

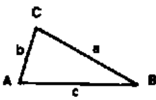


$$b = c \operatorname{tg} B = c \operatorname{cotg} C$$
$$c = b \operatorname{tg} C = b \operatorname{cotg} B$$

3. Relación. – En todo triángulo, la razón tiene los senos de los ángulos y los lados opuestos a los mismos, son iguales.

$$\frac{\operatorname{sen} A}{a} = \frac{\operatorname{sen} B}{b} = \frac{\operatorname{sen} C}{c}$$

4.ª Relación. – En todo triángulo el cuadrado de un lado es igual a la suma de cuadrados de los otros dos lados, menos dos veces el producto de ellos por el coseno del ángulo comprendido.



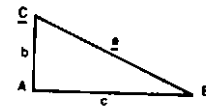
$$a^2 = b^2 + c^2 - 2\,bc \cos A$$
$$b^2 = a^2 + c^2 - 2\,ac \cos B$$
$$c^2 = a^2 + b^2 - 2\,ab \cos C$$

Para resolver un triángulo cualquier, es preciso conocer tres de sus componentes, lados y ángulos, siempre que no son los tres ángulos (problema indeterminado).

RESOLUCIÓN DE TRIÁNGULOS RECTÁNGULOS

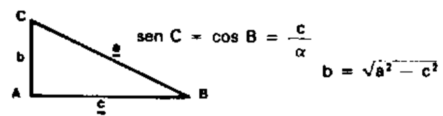
En la resolución de los triángulos rectángulos se presentan cuatro casos:

1.° Conocida la hipotenusa y un ángulo agudo.



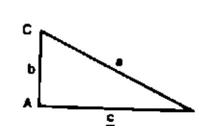
$$\hat{B} = 90° - \hat{C}$$
$$b = a \cos C$$
$$c = a \operatorname{sen} C$$

2.° Conocida la hipotenusa y un cateto.



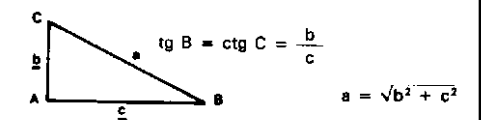
$$\operatorname{sen} C = \cos B = \frac{c}{\alpha}$$
$$b = \sqrt{a^2 - c^2}$$

3.° Conocido un cateto y un ángulo agudo.



$$\hat{C} = 90° - \hat{B}$$
$$a = \frac{c}{\cos B}$$
$$b = c \operatorname{tg} B$$

4.° Conocidos los dos catetos.

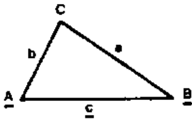


$$\operatorname{tg} B = \operatorname{ctg} C = \frac{b}{c}$$
$$a = \sqrt{b^2 + c^2}$$

RESOLUCIÓN DE TRIÁNGULOS OBLICUÁNGULOS

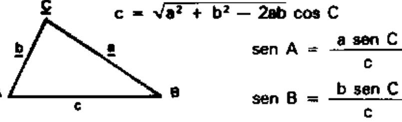
En la resolución de triángulos oblicuángulos se presentan cuatro casos:

1.° Conocido un lado y los ángulos adyacentes.



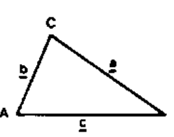
$$\hat{C} = 180 - (A + B)$$
$$a = \frac{c \operatorname{sen} A}{\operatorname{sen} C}$$
$$b = \frac{c \operatorname{sen} B}{\operatorname{sen} C}$$

2.° Conocidos dos lados y el ángulo que forman.



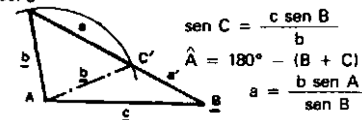
$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos C}$$
$$\operatorname{sen} A = \frac{a \operatorname{sen} C}{c}$$
$$\operatorname{sen} B = \frac{b \operatorname{sen} C}{c}$$

3.° Conocidos los tres lados:



$$\cos A = \frac{b^2 + c^2 - a^2}{2\,bc}$$
$$\cos B = \frac{a^2 + c^2 - b^2}{2\,ac}$$
$$\cos C = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2\,ab}$$

4.° Conocidos dos lados y el ángulo opuesto a uno de ellos.



$$\operatorname{sen} C = \frac{c \operatorname{sen} B}{b}$$
$$\hat{A} = 180° - (B + C)$$
$$a = \frac{b \operatorname{sen} A}{\operatorname{sen} B}$$

Este caso tiene dos soluciones si $B < 90°$ y $b < c$.

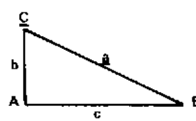
Trigonometría

RESOLUCIÓN DE TRIÁNGULOS

APLICACIONES

TRIÁNGULOS RECTÁNGULOS

1.° Resolver un triángulo conocida su hipotenusa $a = 15{,}26$ m y un ángulo agudo $C = 55.°$

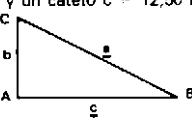


$B = 90 - 55 = 35°$

$b = 15{,}26 \cdot \cos 55° = 15{,}26 \times 0{,}57358 = 8{,}753$ m.

$c = 15{,}26 \cdot \operatorname{sen} 55° = 15{,}26 \times 0{,}81915 = 12{,}50$ m.

2.° Resolver un triángulo conocida su hipotenusa $a = 15{,}26$ m y un cateto $c = 12{,}50$ m.

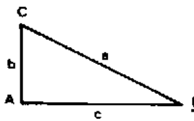


$\operatorname{sen} C = \cos B = \dfrac{c}{a} = \dfrac{12{,}50}{15{,}26} = 0{,}81913$

En las Tablas, $B = 35°$ y $C = 55°$ (0,81915).

$b = \sqrt{15{,}26^2 - 12{,}50^2} = 8{,}753$ m.

3.° Resolver un triángulo conocido un cateto $c = 12{,}50$ m y un ángulo agudo $B = 35°$.

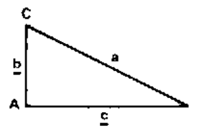


$C = 90 - 35 = 55°$

$a = \dfrac{12{,}50}{\cos B} = \dfrac{12{,}50}{0{,}81915} = 15{,}26$ m.

$b = 12{,}50 \cdot \operatorname{tg} B = 12{,}50 \times 0{,}70021 = 8{,}753$ m.

4.° Resolver un triángulo conocidos los dos catetos, $b = 8{,}753$ y $c = 12{,}50$ m.

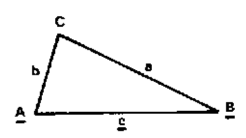


$\operatorname{tg} B = \operatorname{ctg} C = \dfrac{8{,}753}{12{,}50} = 0{,}70024$

En las Tablas (para 0,70021), $B = 35°$ y $C = 55°$.

TRIÁNGULOS OBLICUÁNGULOS

1.° Resolver un triángulo conocido el lado 30,10 m y los ángulos $A = 65°$ y $B = 35°$.

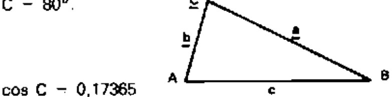


$C = 180 - (65 + 35) = 80°$

$a = \dfrac{c \operatorname{sen} 65°}{\operatorname{sen} 80°} = \dfrac{30{,}1 \times 0{,}90631}{0{,}98481} = 27{,}70$ m.

$b = \dfrac{c \operatorname{sen} 35°}{\operatorname{sen} 80°} = \dfrac{30{,}1 \times 0{,}57358}{0{,}98481} = 17{,}531$ m.

2.° Resolver un triángulo conocidos los lados $a = 27{,}7$ m., $b = 17{,}53$ m. y el ángulo comprendido $C = 80°$.



$\cos C = 0{,}17365$

$c = \sqrt{27{,}7^2 + 17{,}53^2 - 2 \times 27{,}7 \times 17{,}53 \times 0{,}17365} = 30{,}1$ m

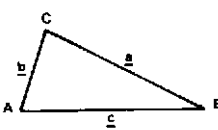
$\operatorname{sen} A = \dfrac{27{,}7 \times 0{,}98481}{30{,}1} = 0{,}90629;$

en las Tablas, $A = 65°$

$\operatorname{sen} B = \dfrac{17{,}53 \times 0{,}98481}{30{,}1} = 0{,}57355;$

en las Tablas, $B = 35°$

3.° Resolver un triángulo conocidos los lados $a = 27{,}7$ m, $b = 17{,}53$ m y $c = 30{,}10$ m.



$\cos A = \dfrac{17{,}53^2 + 30{,}1^2 - 27{,}7^2}{2 \times 17{,}53 \times 30{,}1} = 0{,}42265;$

en las Tablas, $A = 65°$

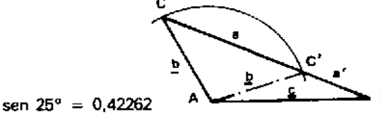
$\cos B = \dfrac{27{,}7^2 + 30{,}1^2 - 17{,}53^2}{2 \times 27{,}7 \times 30{,}1} = 0{,}81917;$

en las Tablas, $B = 35°$

$\cos C = \dfrac{27{,}7^2 + 17{,}53^3 - 30{,}1^2}{2 \times 27{,}7 \times 17{,}53} = 0{,}17359;$

en las Tablas, $C = 80°$

4.° Resolución de un triángulo conocidos sus lados $b = 19{,}79$ mc, $c = 30{,}1$ m, y el ángulo $B = 25°$. (Dos soluciones por ser $B < 90°$ y $b < c$).



$\operatorname{sen} 25° = 0{,}42262$

$\operatorname{sen} C = \operatorname{sen} (180° - C) = \dfrac{30{,}1 \times 0{,}42262}{19{,}79} = 0{,}64279$

$C = 40°$; $A = 180 - (25 + 40) = 115°$.

$\operatorname{sen} 115° = 0{,}90631$

$C' = 140°$; $A' = 180 - (25 + 140) = 15°$.

$\operatorname{sen} 15° = 0{,}25882$

$a = \dfrac{19{,}79 \times 0{,}90631}{0{,}42262} = 42{,}44$ m;

$a' = \dfrac{19{,}79 \times 0{,}25882}{0{,}42262} = 12{,}12$ m.

Trigonometría	**_FUNCIONES CIRCULARES TRIGONOMÉTRICAS_** **_DIVISIÓN SEXAGESIMAL_**	**TABLA 4_1 . 1**

Grados	Seno							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0°.	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01454	0,01745	89°.
1.	0,01745	0,02036	0,02327	0,02618	0,02908	0,03199	0,03490	88.
2.	0,03490	0,03781	0,04071	0,04362	0,04653	0,04943	0,05234	87
3.	0,05234	0,05524	0,05814	0,06105	0,06395	0,06685	0,06976	86.
4.	0,06976	0,07266	0,07556	0,07846	0,08136	0,08426	0,08716	85.
5.	0,08716	0,9005	0,09295	0,09585	0,09874	0,10164	0,10453	84.
6.	0,10453	0,10742	0,11031	0,11320	0,11609	0,11898	0,12187	83.
7.	0,12187	0,12476	0,12764	0,13053	0,13341	0,13629	0,13917	82.
8.	0,13917	0,14205	0,14493	0,14781	0,15069	0,15356	0,15643	81.
9.	0,15643	0,15931	0,16218	0,16505	0,16792	0,17078	0,17365	80.
10.	0,17365	0,17651	0,17937	0,18224	0,18509	0,18795	0,19081	79.
11.	0,19081	0,19366	0,19652	0,19937	0,20222	0,20507	0,20791	78.
12.	0,20791	0,21076	0,21360	0,21644	0,21928	0,22212	0,22495	77.
13.	0,22495	0,22778	0,23062	0,23345	0,23627	0,23910	0,24192	76.
14.	0,24192	0,24474	0,24756	0,25038	0,25320	0,25601	0,25882	75.
15.	0,25882	0,26163	0,26443	0,26724	0,27004	0,27284	0,27564	74.
16.	0,27564	0,27843	0,28123	0,28402	0,28680	0,28959	0,29237	73.
17.	0,29237	0,29515	0,29793	0,30071	0,30348	0,30625	0,30902	72.
18.	0,30902	0,31178	0,31454	0,31730	0,32006	0,32282	0,32557	71.
19.	0,32557	0,32832	0,33106	0,33381	0,33655	0,33929	0,34202	70.
20	0,34202	0,34475	0,34748	0,35021	0,35293	0,35565	0,35837	69
21.	0,35837	0,36108	0,36379	0,36650	0,36921	0,37191	0,37461	68.
22.	0,37461	0,37730	0,37999	0,38268	0,38537	0,38805	0,39073	67.
23.	0,39073	0,39341	0,39608	0,39875	0,40141	0,40408	0,40674	66.
24.	0,40674	0,40939	0,41204	0,41469	0,41734	0,41998	0,42262	65.
25.	0,42262	0,42525	0,42788	0,43051	0,43313	0,43575	0,43837	64.
26.	0,43837	0,44098	0,44359	0,44620	0,44880	0,45140	0,45399	63.
27.	0,45399	0,45658	0,45917	0,46175	0,46433	0,46690	0,46947	62.
28.	0,46947	0,47204	0,47460	0,47716	0,47971	0,48226	0,48481	61.
29.	0,48481	0,48735	0,48989	0,49242	0,49495	0,49748	0,50000	60.
30.	0,50000	0,50252	0,50503	0,50754	0,51004	0,51254	0,51504	59.
31.	0,51504	0,51753	0,52002	0,52250	0,52498	0,52745	0,52992	58.
32.	0,52992	0,53238	0,53484	0,53730	0,53975	0,54220	0,54464	57.
33.	0,54464	0,54708	0,54951	0,55194	0,55436	0,55678	0,55919	56.
34.	0,55919	0,56160	0,56401	0,56641	0,56880	0,57119	0,57358	55.
35.	0,57358	0,57596	0,57833	0,58070	0,58307	0,58543	0,58779	54.
36.	0,58779	0,59014	0,59248	0,59482	0,59716	0,59949	0,60182	53.
37.	0,60182	0,60414	0,60645	0,60876	0,61107	0,61337	0,61566	52.
38.	0,61566	0,61795	0,62024	0,62251	0,62479	0,62706	0,62932	51.
39.	0,62932	0,63158	0,63383	0,63608	0,63832	0,64056	0,64279	50.
40.	0,64729	0,64501	0,64723	0,64945	0,65166	0,65386	0,65606	49.
41.	0,65606	0,65825	0,66044	0,66262	0,66480	0,66697	0,66913	48.
42.	0,66913	0,67129	0,67344	0,67559	0,67773	0,67987	0,68200	47.
43.	0,68200	0,68412	0,68624	0,68835	0,69046	0,69256	0,69466	46.
44°.	0,69466	0,69675	0,69883	0,70091	0,70298	0,70505	0,70711	45°.
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Grados
	Coseno							

Utilización de las Tablas de funciones circulares trigonométricas sexagesimales.

1.° Función de un ángulo comprendido en las Tablas.

a) Seno de 25°40'. – Directamente, = 0,43313 (este valor también corresponde a cos 64°20').

b) Coseno de 35°20'. – Directamente, = 0,81580 (este valor también corresponde a sen 54°40').

c) Seno de 127°10'. – Sen 127°10' = sen (180°-127°10') = sen 52 – 50' = 0,79688 (en la Tabla).

d) Coseno de 138°30'. – Cos 138°30' = – cos (180°-138°30') = – cos 41°30' = – 0,74896 (cos negativo, 2°C.).

(Sigue)

Nota. – Se procederá de modo similar para funciones de tangente y cotangente.

Trigonometría	FUNCIONES CIRCULARES TRIGONOMÉTRICAS DIVISIÓN SEXAGESIMAL	TABLA 4, . 1

Grados	Coseno							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0°.	1,00000	1,00000	0,99998	0,99996	0,99993	0,99989	0,99985	89°
1.	0,99985	0,99979	0,99973	0,99966	0,99958	0,99949	0,99939	88.
2.	0,99939	0,99929	0,99917	0,99905	0,99892	0,99878	0,99863	87
3.	0,99863	0,99847	0,99831	0,99813	0,99795	0,99776	0,99756	86.
4.	0,99756	0,99736	0,99714	0,99692	0,99668	0,99644	0,99619	85.
5.	0,99619	0,99594	0,99567	0,99540	0,99511	0,99482	0,99452	84.
6.	0,99452	0,99421	0,99390	0,99357	0,99324	0,99290	0,99255	83.
7.	0,99255	0,99219	0,99182	0,99144	0,99106	0,99067	0,99027	82.
8.	0,99027	0,98986	0,98944	0,98902	0,98858	0,98814	0,98769	81.
9.	0,98769	0,98723	0,98676	0,98629	0,98580	0,98531	0,98481	80.
10.	0,98481	0,98430	0,98378	0,98325	0,98272	0,98218	0,98163	79.
11.	0,98163	0,98107	0,98050	0,97992	0,97934	0,97875	0,97815	78.
12.	0,97815	0,97754	0,97692	0,97630	0,97566	0,97502	0,97437	77.
13.	0,97437	0,97371	0,97304	0,97237	0,97169	0,97100	0,97030	76.
14.	0,97030	0,96959	0,96887	0,96815	0,96742	0,96667	0,96593	75.
15.	0,96593	0,96517	0,96440	0,96363	0,96285	0,96206	0,96126	74.
16.	0,96126	0,96046	0,95964	0,95882	0,95799	0,95715	0,95630	73.
17.	0,95630	0,95545	0,95459	0,95372	0,95284	0,95195	0,95106	72.
18.	0,95106	0,95015	0,94924	0,94832	0,94740	0,94646	0,94552	71.
19.	0,94552	0,94457	0,94361	0,94264	0,94167	0,94068	0,93969	70.
20.	0,93969	0,93869	0,93769	0,93667	0,93565	0,93462	0,93358	69
21.	0,93358	0,93253	0,93148	0,93042	0,92935	0,92827	0,92718	68.
22.	0,92718	0,92609	0,92499	0,92388	0,92276	0,92164	0,92050	67.
23.	0,92050	0,91936	0,91822	0,91706	0,91590	0,91472	0,91355	66.
24.	0,91355	0,91236	0,91116	0,90996	0,90875	0,90753	0,90631	65.
25.	0,90631	0,90507	0,90383	0,90259	0,90133	0,90007	0,89897	64.
26.	0,89879	0,89752	0,89623	0,89493	0,89363	0,89232	0,89101	63.
27.	0,89101	0,88968	0,88835	0,88701	0,88566	0,88431	0,88295	62.
28.	0,88295	0,88158	0,88020	0,87882	0,87743	0,87603	0,87462	61.
29.	0,87462	0,87321	0,87178	0,87036	0,86892	0,86748	0,86603	60.
30.	0,86603	0,86457	0,86310	0,86163	0,86015	0,85866	0,85717	59.
31.	0,85717	0,85567	0,85416	0,85264	0,85112	0,84959	0,84805	58.
32.	0,84805	0,84650	0,84495	0,84339	0,84182	0,84025	0,83867	57.
33.	0,83867	0,83708	0,83549	0,83389	0,83228	0,83066	0,82904	56.
34.	0,82904	0,82741	0,82577	0,82413	0,82248	0,82082	0,81915	55.
35.	0,81915	0,81748	0,81580	0,81412	0,81242	0,81072	0,80902	54.
36.	0,80902	0,80730	0,80558	0,80386	0,80212	0,80038	0,79864	53.
37.	0,79864	0,79688	0,79512	0,79335	0,79158	0,78980	0,78801	52.
38.	0,78801	0,78622	0,78442	0,78261	0,78079	0,77897	0,77715	51.
39.	0,77715	0,77531	0,77347	0,77162	0,76977	0,76791	0,76604	50.
40.	0,76604	0,76417	0,76229	0,76041	0,75851	0,75661	0,75471	49.
41.	0,75471	0,75280	0,75088	0,74896	0,74703	0,74509	0,74314	48.
42.	0,74314	0,74120	0,73924	0,73728	0,73531	0,73333	0,73135	47.
43.	0,73135	0,72937	0,72737	0,72537	0,72337	0,72136	0,71934	46.
44°.	0,71934	0,71732	0,71529	0,71325	0,71121	0,70916	0,70711	45°.
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Grados
	Seno							

2.°.—Función de un ángulo no comprendido en las Tablas.

a) Tangente de 25° 46′ (comprendido entre 25° 40′ y 25° 50′).

tg 25°40′ = 0,48055
tg 25°40′ = 0,48414
Dif 10′ = 359

$\delta = \frac{359 \times 6}{10} = 215{,}4$

tg 25°40′ = 0,48055
δ 6′ = 215
tg 25°46′ = 0,48270

(Exactamente, tg 25°46′ = 0,482701)

b) Cotangente de 138° 33′.—ctg 138°33′ = −ctg (180° − 138° 33′) = −ctg 41° 27′

ctg 41°20′ = 1,13694
ctg 41°30′ = 1,13029
Dif 10′ = 665

$\delta = \frac{665 \times 7}{10} = 465{,}5$

ctg 41°20′ = 1,13694
δ 7′ = 466
ctg 41°27′ = 1,13228

ctg 138°33′ = −1,13228 (negativa, 2.° cuadrante)

Exactamente, ctg 41°27′ = 1,132284)

Nota.—Se procederá de modo similar para funciones de seno y coseno.

Trigonometría	FUNCIONES CIRCULARES TRIGONOMÉTRICAS DIVISIÓN SEXAGESIMAL	TABLA 4_3 . 1

Grados	Tangente							
	0'	10'	20'	30'	40'	50'	60'	
0°.	0,00000	0,00291	0,00582	0,00873	0,01164	0,01455	0,01746	89°.
1.	0,01746	0,02036	0,02328	0,02619	0,02910	0,03201	0,03492	88.
2.	0,03492	0,03783	0,04075	0,04366	0,04658	0,04949	0,05241	87
3.	0,05241	0,05533	0,05824	0,06116	0,06408	0,06700	0,06993	86.
4.	0,06993	0,07285	0,07578	0,07870	0,08163	0,08456	0,08749	85.
5.	0,08749	0,09042	0,09335	0,09629	0,09923	0,10216	0,10510	84.
6.	0,10510	0,10805	0,11099	0,11394	0,11688	0,11983	0,12278	83.
7.	0,12278	0,12574	0,12869	0,13165	0,13461	0,13758	0,14054	82.
8.	0,14054	0,14351	0,14648	0,14945	0,15243	0,15540	0,15838	81.
9.	0,15838	0,16137	0,16435	0,16734	0,17033	0,17333	0,17633	80.
10.	0,17633	0,17933	0,18233	0,18534	0,18835	0,19136	0,19438	79.
11.	0,19438	0,19740	0,20042	0,20345	0,20648	0,20952	0,21256	78.
12.	0,21256	0,21560	0,21864	0,22169	0,22475	0,22781	0,23087	77.
13.	0,23087	0,23393	0,23700	0,24008	0,24316	0,24624	0,24933	76.
14.	0,24933	0,25242	0,25552	0,25862	0,26172	0,26483	0,26795	75.
15.	0,26795	0,27107	0,27419	0,27732	0,28046	0,28360	0,28675	74.
16.	0,28675	0,28990	0,29305	0,29621	0,29938	0,30255	0,30573	73.
17.	0,30573	0,30891	0,31210	0,31530	0,31850	0,32171	0,32492	72.
18.	0,32492	0,32814	0,33136	0,33460	0,33783	0,34108	0,34433	71.
19.	0,34433	0,34758	0,35085	0,35412	0,35740	0,36068	0,36397	70.
20.	0,36397	0,36727	0,37057	0,37388	0,37720	0,38053	0,38386	69
21.	0,38386	0,38721	0,39055	0,39391	0,39727	0,40065	0,40403	68.
22.	0,40403	0,40741	0,41081	0,41421	0,41763	0,42105	0,42447	67.
23.	0,42447	0,42791	0,43136	0,43481	0,43828	0,44175	0,44523	66.
24.	0,44523	0,44872	0,45222	0,45573	0,45924	0,46277	0,46631	65.
25.	0,46631	0,46985	0,47341	0,47698	0,48055	0,48414	0,48773	64.
26.	0,48773	0,49134	0,49495	0,49858	0,50222	0,50587	0,50953	63.
27.	0,50953	0,51319	0,51688	0,52057	0,52427	0,52798	0,53171	62.
28.	0,53171	0,53545	0,53920	0,54296	0,54673	0,55051	0,55431	61.
29.	0,55431	0,55812	0,56194	0,56577	0,56962	0,57348	0,57735	60.
30.	0,57735	0,58124	0,58513	0,58905	0,59297	0,59691	0,60086	59.
31.	0,60086	0,60483	0,60881	0,61280	0,61681	0,62083	0,62487	58.
32.	0,62487	0,62892	0,63299	0,63707	0,64117	0,64528	0,64941	57.
33.	0,64941	0,65355	0,65771	0,66189	0,66608	0,67028	0,67451	56.
34.	0,67451	0,67875	0,68301	0,68728	0,69157	0,69588	0,70021	55.
35.	0,70021	0,70455	0,70891	0,71329	0,71769	0,72211	0,72654	54.
36.	0,72654	0,73100	0,73547	0,73996	0,74447	0,74900	0,75355	53.
37.	0,75355	0,75812	0,76272	0,76733	0,77196	0,77661	0,78129	52.
38.	0,78129	0,78598	0,79070	0,79544	0,80020	0,80498	0,80978	51.
39.	0,80978	0,81461	0,81946	0,82434	0,82923	0,83415	0,83910	50.
40.	0,83910	0,84407	0,84906	0,85408	0,85912	0,86419	0,86929	49.
41.	0,86929	0,87441	0,87955	0,88473	0,88992	0,89515	0,90040	48.
42.	0,90040	0,90569	0,91099	0,91633	0,92170	0,92709	0,93252	47.
43.	0,93252	0,93797	0,94345	0,94896	0,95451	0,96008	0,96569	46.
44°.	0,96569	0,97133	0,97700	0,98270	0,98843	0,99420	1,00000	45°.
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Grados
	Cotangente							

Determinación del ángulo correspondiente a una función circular trigonométrica.

1.° La función está comprendida en las Tablas

a) Seno de α = 0,43313. Directamente, α = 25°40' (la función también corresponde a cos 64°20').

b) Coseno α = 0,81580. Directamente, α = 35°20' (la función también corresponde a sen 54°40').

c) Seno de α = 0,79688. Directamente, α = 52°50' (también puede ser α = 180° − 52°50' = 127°10').

d) Coseno α = 0,74896. Directamente, 180 − α' = 41°30' ; α = 180° − 41°30' = 138°30' (2.° cuadrante).

(Sigue)

Nota.— Se procederá de modo similar con funciones correspondientes a tangente y cotangente.

FUNCIONES CIRCULARES TRIGONOMÉTRICAS
DIVISIÓN SEXAGESIMAL

Grados	Cotangente							
	0'	*10'*	*20'*	*30'*	*40'*	*50'*	*60'*	
0°.	∞	343,77371	171,88540	114,58865	85,93979	68,75009	57,28996	89°.
1.	57,28996	49,10388	42,96408	38,18846	34,36777	31,24158	28,63625	88.
2.	28,63625	26,43160	24,54176	22,90377	21,47040	20,20555	19,08114	87
3.	19,08114	18,07498	17,16934	16,34986	15,60478	14,92442	14,30067	86.
4.	14,30067	13,72674	13,19688	12,70621	12,25051	11,82617	11,43005	85.
5.	11,43005	11,05943	10,71191	10,38540	10,07803	9,78817	9,51436	84.
6.	9,51436	9,25530	9,00983	8,77689	8,55555	8,34496	8,14435	83.
7.	8,14435	7,95302	7,77035	7,59575	7,42871	7,26873	7,11537	82.
8.	7,11537	6,96823	6,82694	6,69116	6,56055	6,43484	6,31375	81.
9.	6,31375	6,19703	6,08444	5,97576	5,87080	5,76937	5,67128	80.
10.	5,67128	5,57638	5,48451	5,39552	5,30928	5,22566	5,14455	79.
11.	5,14455	5,06584	4,98940	4,91516	4,84300	4,77286	4,70463	78.
12.	4,70463	4,63825	4,57363	4,51071	4,44942	4,38969	4,33148	77.
13.	4,33148	4,27471	4,21933	4,16530	4,11256	4,06107	4,01078	76.
14.	4,01078	3,96165	3,91364	3,86671	3,82083	3,77595	3,73205	75.
15.	3,73205	3,68909	3,64705	3,60588	3,56557	3,52609	3,48741	74.
16.	3,48741	3,44951	3,41236	3,37594	3,34023	3,30521	3,27085	73.
17.	3,27085	3,23714	3,20406	3,17159	3,13972	3,10842	3,07768	72.
18.	3,07768	3,04749	3,01783	2,98869	2,96004	2,93189	2,90421	71.
19.	2,90421	2,87700	2,85023	2,82391	2,79802	2,77254	2,74748	70.
20.	2,74748	2,72281	2,69853	2,67462	2,65109	2,62791	2,60509	69
21.	2,60509	2,58261	2,56046	2,53865	2,51715	2,49597	2,47509	68.
22.	2,47509	2,45451	2,43422	2,41421	2,39449	2,37504	2,35585	67.
23.	2,35585	2,33693	2,31826	2,29984	2,28167	2,26374	2,24604	66.
24.	2,24604	2,22857	2,21132	2,19430	2,17749	2,16090	2,14451	65.
25.	2,14451	2,12832	2,11233	2,09654	2,08094	2,06553	2,05030	64.
26.	2,05030	2,03526	2,02039	2,00569	1,99116	1,97680	1,96261	63.
27.	1,96261	1,94858	1,93470	1,92098	1,90741	1,89400	1,88073	62.
28.	1,88073	1,86760	1,85462	1,84177	1,82906	1,81649	1,80405	61.
29.	1,80405	1,79174	1,77955	1,76749	1,75556	1,74375	1,73205	60.
30.	1,73205	1,72047	1,70901	1,69766	1,68643	1,67530	1,66428	59.
31.	1,66428	1,65337	1,64256	1,63185	1,62125	1,61074	1,60033	58.
32.	1,60033	1,59002	1,57981	1,56969	1,55966	1,54972	1,53987	57.
33.	1,53987	1,53010	1,52043	1,51084	1,50133	1,49190	1,48256	56.
34.	1,48256	1,47330	1,46411	1,45501	1,44598	1,43703	1,42815	55.
35.	1,42815	1,41934	1,41061	1,40195	1,39336	1,38484	1,37638	54.
36.	1,37638	1,36800	1,35968	1,35142	1,34323	1,33511	1,32704	53.
37.	1,32704	1,31904	1,31110	1,30323	1,29541	1,28764	1,27994	52.
38.	1,27994	1,27230	1,26471	1,25717	1,24969	1,24227	1,23490	51.
39.	1,23490	1,22758	1,22031	1,21310	1,20593	1,19882	1,19175	50.
40.	1,19175	1,18474	1,17777	1,17085	1,16398	1,15715	1,15037	49.
41.	1,15037	1,14363	1,13694	1,13029	1,12369	1,11713	1,11061	48.
42.	1,11061	1,10414	1,09770	1,09131	1,08496	1,07864	1,07237	47.
43.	1,07237	1,06613	1,05994	1,05378	1,04766	1,04158	1,03553	46.
44°.	1,03553	1,02952	1,02355	1,01761	1,01170	1,00583	1,00000	45°.
	60'	50'	40'	30'	20'	10'	0'	Grados
	Tangente							

2.°.—La función circular trigonométrica, no está comprendida exactamente en las Tablas.

a) tg α = 0,48270. Según las Tablas, α está comprendida entre 25° 40' y 25° 50'.

tg 25°40' = 0,48055
tg 25°50' = 0,48414
Dif 10' = 359

0,48055
tg α = 0,48270
215

$\delta = \frac{215 \times 10}{359} = 5{,}988$

tg α = 0,48055, α' = 25°40'
Dif = 215, δ = 6'
tg α = 0,48270, α = 25°46'

b) ctg α = −1,13228. Según las Tablas 180° −α' está comprendida entre 41°20' y 41°30'.

ctg 41°20' = 1,13694
ctg 41°30' = 1,13029
Dif 10' = 665

1,13694
ctg α' = 1,13228
466

$\delta = \frac{466 \times 10}{665} = 7'$

ctg α'' = 1,13694, α'' = 41°20'
Dif = 466, δ = 7'
ctg α' = 1,13228, α' = 41°27'

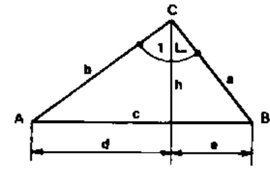
α = 180° − 41°27' = 138°33' (ctg. negativa)

Nota.—Se procederá de modo similar para funciones de seno y coseno.

TRIÁNGULO RECTÁNGULO

Hipotenusa y catetos

$$a^2 + b^2 = c^2$$



$$a = \sqrt{c^2 - b^2}$$

$$b = \sqrt{c^2 - a^2}$$

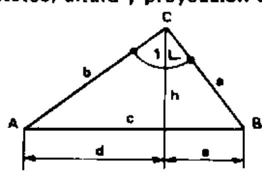
$$c = \sqrt{a^2 + b^2}$$

Hipotenusa, catetos, altura y proyección de los catetos

$$\frac{d}{h} = \frac{h}{e}$$

$$h = \sqrt{d \cdot e}$$

$$d = \frac{h^2}{e} ; \; e = \frac{h^2}{d}$$



$$\frac{c}{a} = \frac{a}{e}$$

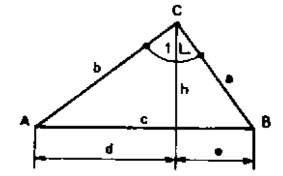
$$a = \sqrt{c \cdot e}$$

$$c = \frac{a^2}{e} ; \; e = \frac{a^2}{c}$$

$$\frac{c}{a} \quad \frac{b}{h}$$

$$a = \frac{c \cdot h}{b} ; \; b = \frac{c \cdot h}{a}$$

$$c = \frac{a \cdot b}{h} ; \; h = \frac{a \cdot b}{c}$$

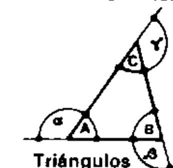


$$\frac{c}{b} = \frac{b}{d}$$

$$b = \sqrt{c \, . \, d}$$

$$c = \frac{b^2}{d} ; \; d = \frac{b^2}{c}$$

$$A + B + C = 180°$$

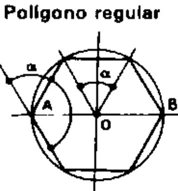


Triángulos

Polígono regular

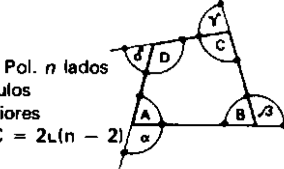
Angulos exteriores
$\Sigma = 360°$

Pol. regular,
$\alpha = \frac{360°}{n}$

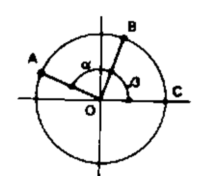


n, número de lados

Pol. *n* lados
Angulos interiores
$\Sigma = 2\llcorner(n - 2)$



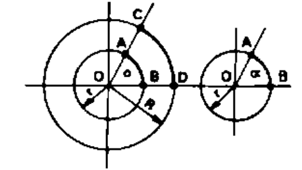
Polígono *n* lados



Ángulos y arcos en la circunferencia

Los desarrollos de los arcos de circunferencia son proporcionales a los ángulos centrales correspondientes.

$$\frac{AB}{\alpha} = \frac{BC}{\beta}$$



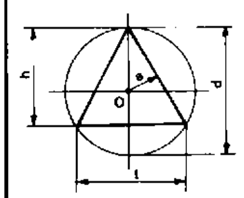
Radios y arcos en las circunferencias

Para ángulos centrales iguales, los desarrollos de los arcos son proporcionales a los radios de las circunferencias correspondientes.

$$\frac{AB}{r} = \frac{CD}{R}$$

Figuras geométricas	***POLÍGONOS REGULARES, CIRCUNFERENCIA Y ARCO*** **VALORES INICIALES**	TABLA 6 · 1

Triángulo



$l = \dfrac{d \cdot \sqrt{3}}{2} = 0{,}866 \cdot d$

$h = \dfrac{3 \cdot d}{4} = 0{,}75 \cdot d$

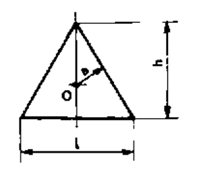
$a = \dfrac{h}{3} = 0{,}25 \cdot d$

$\left(d = \dfrac{2 \cdot l}{\sqrt{3}} = 1{,}1547 \cdot l\right)$

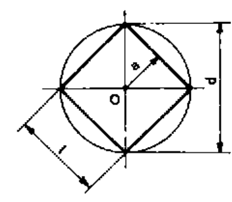
$h = \dfrac{l \cdot \sqrt{3}}{2} = 0{,}866 \cdot l$

$a = \dfrac{h}{3} = 0{,}2887 \cdot l$

$\left(l = \dfrac{2 \cdot h}{\sqrt{3}} = 1{,}1547 \cdot h\right)$



Cuadrado



$l = \dfrac{d}{\sqrt{2}} = 0{,}7071 \cdot d$

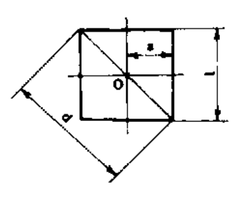
$a = \dfrac{l}{2} = 0{,}3536 \cdot d$

$(d = l \cdot \sqrt{2} = 1{,}4142 \cdot l)$

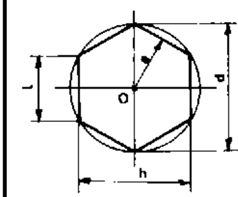
$d = l \cdot \sqrt{2} = 1{,}4142 \cdot l$

$a = \dfrac{l}{2}$

$\left(l = \dfrac{d}{\sqrt{2}} = 0{,}7071 \cdot d\right)$



Exágono



$l = \dfrac{d}{2} = 0{,}5 \cdot d$

$h = \dfrac{d \cdot \sqrt{3}}{2} = 0{,}866 \cdot d$

$a = \dfrac{h}{2} = 0{,}433 \cdot d$

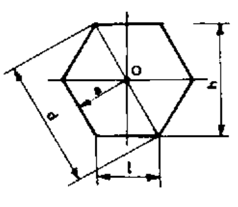
$(d = 2 \cdot l)$

$d = 2 \cdot l$

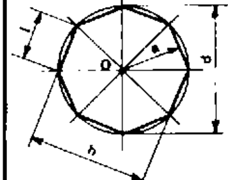
$h = l \cdot \sqrt{3} = 1{,}7321 \cdot l$

$a = \dfrac{h}{2} = 0{,}866 \cdot l$

$\left(l = \dfrac{h}{\sqrt{3}} = 0{,}5774 \cdot h\right)$



Octógono



$l = \dfrac{d}{2}\sqrt{2 - \sqrt{2}} = 0{,}3827 \cdot d$

$h = \dfrac{d}{4}\sqrt{2 + \sqrt{2}} = 0{,}4619 \cdot d$

$a = \dfrac{h}{2} = 0{,}231 \cdot d$

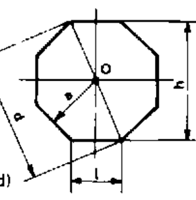
$\left(d = \dfrac{2 \cdot l}{\sqrt{2 - \sqrt{2}}} = 2{,}6131 \cdot l\right)$

$d = \dfrac{2 \cdot l}{\sqrt{2 - \sqrt{2}}} = 2{,}6131 \cdot l$

$h = (1 + \sqrt{2}) \cdot l = 2{,}4142 \cdot l$

$a = \dfrac{h}{2} = 1{,}2071 \cdot l$

$\left(l = \dfrac{\sqrt{2 - \sqrt{2}} \cdot d}{2} = 0{,}3827 \cdot d\right)$



Circunferencia

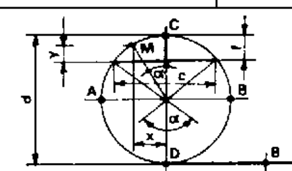
$f = r + y - \sqrt{r^2 - x^2}$;

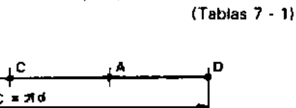
$f = r\left(1 - \cos\dfrac{\alpha}{2}\right)$.

$x = \sqrt{r^2 - (r + y - f)^2}$;

$x = r \operatorname{sen} \alpha'$.

$y = \sqrt{r^2 - x^2} + f - r$; $y = f - r(\cos\alpha' - 1)$.





Desarrollo, $c = \pi \cdot d \; (= 2 \cdot \pi \cdot r)$

$\pi = 3{,}141592654 \approx 3{,}1416$

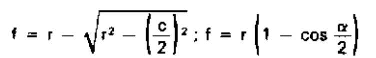
$d = 0{,}31831 \cdot c$

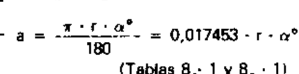
(Tablas 7 - 1)

$r = \dfrac{c^2}{8f} + \dfrac{f}{2}$; $r = \dfrac{c}{2} : \operatorname{sen}\dfrac{\alpha}{2}$

$c = \sqrt{8f\left(r - \dfrac{f}{2}\right)}$; $c = 2r \operatorname{sen}\dfrac{\alpha}{2}$

$f = r - \sqrt{r^2 - \left(\dfrac{c}{2}\right)^2}$; $f = r\left(1 - \cos\dfrac{\alpha}{2}\right)$





$\operatorname{sen}\dfrac{\alpha}{2} = \dfrac{c}{2r}$

$a = \dfrac{\pi \cdot r \cdot \alpha^\circ}{180} = 0{,}017453 \cdot r \cdot \alpha^\circ$

(Tablas 8_1 · 1 y 8_2 · 1)

Arco de circunferencia

Circunferencia y arcos	**_DESARROLLO DE LA CIRCUNFERENCIA_** **_Diámetros 1 a 500_**	TABLA 7, . 1

∅ d	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0.	0,00	3,142	6,283	9,425	12,566	15,708	18,850	21,991	25,133	28,274
1.	31,416	34,558	37,699	40,841	43,982	47,124	50,265	53,407	56,594	59,690
2.	62,832	65,973	69,115	72,257	75,398	78,540	81,681	84,823	87,965	91,106
3.	94,248	97,389	100,531	103,673	106,814	109,956	113,097	116,239	119,381	122,522
4.	125,664	128,805	131,947	135,089	138,230	141,372	144,513	147,655	150,796	153,938
5.	157,080	160,221	163,363	166,504	169,646	172,788	175,929	179,081	182,212	185,354
6.	188,496	191,637	194,779	197,920	201,062	204,204	207,345	210,487	213,628	216,770
7.	219,916	223,053	226,195	229,336	232,478	235,619	238,761	241,903	245,044	248,186
8.	251,327	254,469	257,611	260,752	263,894	267,035	270,177	273,319	276,460	279,602
9.	282,743	285,885	289,027	292,168	295,310	298,451	301,593	304,735	307,876	311,018
10.	314,16	317,30	320,44	323,58	326,73	329,87	333,01	336,15	339,29	342,43
11.	345,58	348,72	351,86	355,00	358,14	361,28	364,42	367,57	370,71	373,85
12.	376,99	380,13	383,27	386,42	389,56	392,70	395,84	398,98	402,12	405,27
13.	408,41	411,55	414,69	417,83	420,97	424,12	427,26	430,40	433,54	436,68
14.	439,82	442,96	446,11	449,25	452,39	455,53	458,67	461,81	465,96	468,10
15.	471,24	474,38	477,52	480,66	483,81	486,95	490,09	493,23	496,37	499,51
16.	502,65	505,80	508,94	512,08	515,22	518,36	521,50	524,65	527,79	530,93
17.	534,07	537,21	540,35	543,50	546,64	549,78	552,92	556,06	559,20	562,35
18.	565,49	568,63	571,77	574,91	578,05	581,19	584,34	587,48	590,62	593,76
19.	596,90	600,04	603,19	606,33	609,47	612,61	615,75	618,89	622,04	625,18
20.	628,32	631,46	634,60	637,74	640,88	644,03	647,17	650,31	653,45	656,59
21.	659,73	662,88	666,02	669,02	672,30	675,44	678,58	681,73	684,87	688,01
22.	691,15	694,29	697,43	700,58	703,72	706,86	710,00	713,14	716,28	719,42
23.	722,57	725,71	728,85	731,99	735,13	738,27	741,42	744,56	747,70	750,84
24.	753,98	757,12	760,26	763,41	766,55	769,69	772,83	775,97	779,11	782,26
25.	785,40	788,54	791,68	794,82	797,96	801,11	804,25	807,39	810,53	813,67
26.	816,81	819,96	823,10	826,24	829,38	832,52	835,66	838,81	841,95	845,09
27.	848,23	851,37	854,51	857,65	860,80	863,94	867,08	870,22	873,36	876,50
28.	879,65	882,79	885,93	889,07	892,21	895,35	898,50	901,64	904,78	907,92
29.	911,06	914,20	917,35	920,49	923,63	926,77	929,91	933,05	936,19	939,34
30.	942,48	945,62	948,76	951,90	955,04	958,19	961,33	964,47	967,61	970,75
31.	973,89	977,04	980,18	983,32	986,46	989,60	992,74	995,88	999,03	1002,17
32.	1005,31	1008,45	1011,59	1014,73	1017,88	1021,02	1024,16	1027,30	1030,44	1033,58
33.	1036,73	1039,87	1043,01	1046,15	1049,29	1052,43	1055,58	1058,72	1061,86	1065,00
34.	1068,14	1071,28	1074,42	1077,57	1080,71	1083,99	1086,99	1090,13	1093,27	1096,42
35.	1099,6	1102,7	1105,8	1109,0	1112,1	1115,3	1118,4	1121,5	1124,7	1127,8
36.	1131,0	1134,1	1137,3	1140,4	1143,5	1146,7	1149,8	1153,0	1156,1	1159,2
37.	1162,4	1165,5	1168,7	1171,8	1175,0	1178,1	1181,2	1184,4	1187,5	1190,7
38.	1193,8	1196,9	1200,1	1203,2	1206,4	1209,5	1212,7	1215,8	1218,9	1222,1
39.	1225,2	1228,4	1231,5	1234,6	1237,8	1240,9	1241,1	1247,2	1250,4	1253,5
40.	1256,6	1259,8	1262,9	1266,1	1269,2	1272,3	1275,5	1278,6	1281,8	1284,9
41.	1288,1	1291,2	1294,3	1297,5	1300,6	1303,8	1306,9	1310,0	1313,2	1316,3
42.	1319,5	1322,6	1325,8	1328,9	1332,0	1335,2	1338,3	1341,5	1344,6	1347,7
43.	1350,9	1354,0	1357,2	1360,3	1363,5	1366,6	1369,7	1372,9	1376,0	1379,2
44.	1382,3	1385,4	1388,6	1391,7	1394,9	1398,0	1401,2	1404,3	1407,4	1410,6
45.	1413,7	1416,9	1420,0	1423,1	1426,3	1429,4	1432,6	1435,7	1438,8	1442,0
46.	1445,1	1448,3	1451,4	1454,6	1457,7	1460,8	1464,0	1467,1	1470,3	1473,4
47.	1476,5	1479,7	1482,8	1486,0	1489,1	1492,3	1495,4	1498,5	1501,7	1504,8
48.	1508,0	1511,1	1514,2	1517,4	1520,5	1523,7	1526,8	1530,0	1533,1	1536,2
49.	1539,4	1542,5	1545,7	1548,8	1551,9	1555,1	1558,2	1561,4	1564,5	1567,7
50.	1570,8									

Aplicación. — Desarrollo de las circunferencias de diámetros N y N · $10^{\pm n}$

Ejemplo. — d = 135∅ (unidades determinadas en cada caso)

Para 135∅ directamente en la Tabla, desarrollo C = 424,12

13500∅	C = ...42412
1350∅	C = ...4241,2
135∅	C = ...424,12
13,5∅	C = ...42,412
1,35∅	C = ...4,2412
0,135∅	C = ...0,424
0,0135∅,	C = ...0,042

Nota.— Desarrollo de arcos de circunferencia, en las págs. 572 a 574.

Circunferencia y arcos	DESARROLLO DE LA CIRCUNFERENCIA *Diámetros 500 a 1000*	TABLA 7₂ . 1

Ø d	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
50.	1570,8	1573,9	1577,1	1580,2	1583,4	1586,5	1589,6	1592,8	1595,0	1599,1
51.	1602,2	1605,4	1608,5	1611,6	1614,8	1617,9	1621,1	1624,2	1627,3	1630,5
52.	1633,6	1636,8	1639,9	1643,1	1646,2	1649,3	1652,5	1655,6	1658,8	1661,9
53.	1665,0	1668,2	1671,3	1674,5	1677,6	1680,8	1683,9	1687,0	1690,2	1693,3
54.	1696,5	1699,6	1702,7	1705,9	1709,0	1712,2	1715,3	1718,5	1721,6	1724,7
55.	1727,9	1731,0	1734,2	1737,3	1740,4	1743,6	1746,7	1749,9	1753,0	1756,2
56.	1759,3	1762,4	1765,6	1768,7	1771,9	1775,0	1778,1	1781,3	1784,4	1787,6
57.	1790,7	1793,8	1797,0	1800,1	1803,3	1806,4	1809,6	1812,7	1815,8	1819,0
58.	1822,1	1825,3	1828,4	1831,6	1834,7	1837,8	1841,0	1844,1	1847,3	1850,4
59.	1853,5	1856,7	1859,8	1863,0	1866,1	1869,2	1872,4	1875,5	1878,7	1881,8
60.	1885,0	1888,1	1891,2	1894,4	1897,5	1900,7	1903,8	1906,9	1910,1	1913,2
61.	1916,4	1919,5	1922,7	1925,8	1928,9	1932,1	1935,2	1938,4	1941,5	1944,6
62.	1947,8	1950,9	1954,1	1957,2	1960,4	1963,5	1966,6	1969,8	1972,9	1976,1
63.	1979,2	1982,3	1985,5	1988,6	1991,8	1994,9	1998,1	2001,2	2004,3	2007,5
64.	2010,6	2013,8	2016,9	2020,0	2023,2	2026,3	2029,5	2032,6	2035,8	2038,9
65.	2042,0	2045,2	2048,3	2051,5	2054,6	2057,7	2060,9	2064,0	2067,2	2070,3
66.	2073,5	2076,6	2079,7	2082,9	2086,0	2089,2	2092,3	2095,4	2098,6	2101,7
67.	2104,9	2108,0	2111,2	2114,3	2117,4	2120,6	2123,7	2126,9	2130,0	2133,1
68.	2136,3	2139,4	2142,6	2145,7	2148,8	2152,0	2155,1	2158,3	2161,4	2164,1
69.	2161,7	2170,8	2174,0	2177,1	2180,3	2183,4	2186,5	2189,7	2192,8	2196,0
70.	2199,1	2202,3	2205,4	2208,5	2211,7	2214,8	2218,0	2221,1	2224,2	2227,4
71.	2230,5	2233,7	2236,8	2240,0	2243,1	2246,2	2249,4	2252,5	2255,7	2258,8
72.	2261,9	2265,1	2268,2	2271,4	2274,5	2277,7	2280,8	2283,9	2287,1	2290,2
73.	2293,4	2296,5	2299,6	2302,8	2305,9	2309,1	2312,2	2315,4	2318,5	2321,6
74.	2324,8	2327,9	2331,1	2334,2	2337,3	2340,5	2343,6	2346,8	2349,9	2353,1
75.	2356,2	2359,3	2362,5	2365,6	2368,8	2371,9	2375,0	2378,2	2381,3	2384,5
76.	2387,6	2390,8	2393,9	2397,0	2400,2	2403,3	2406,5	2409,6	2412,7	2415,9
77.	2419,0	2422,2	2425,3	2428,5	2431,6	2434,7	2437,9	2441,0	2444,2	2447,3
78.	2450,4	2453,6	2456,7	2459,9	2463,0	2466,2	2469,3	2472,4	2475,6	2478,7
79.	2181,9	2485,0	2488,1	2491,3	2494,4	2497,6	2500,7	2503,8	2507,0	2510,1
80.	2513,3	2516,4	2519,6	2522,7	2525,8	2529,0	2532,1	2535,3	2538,4	2541,5
81.	2544,7	2547,8	2551,0	2554,1	2557,3	2560,4	2563,5	2566,7	2569,8	2573,0
82.	2576,1	2579,2	2582,4	2585,5	2588,7	2591,8	2595,0	2598,1	2601,2	2604,4
83.	2607,5	2610,7	2613,8	2616,9	2620,1	2623,2	2626,4	2629,5	2632,7	2635,8
84.	2638,9	2642,1	2645,2	2648,4	2651,5	2654,6	2657,8	2660,9	2664,1	2667,2
85.	2670,4	2673,5	2676,6	2679,8	2682,9	2686,1	2689,2	2692,3	2695,5	2698,6
86.	2701,8	2704,9	2708,1	2711,2	2714,3	2717,5	2720,6	2723,8	2726,9	2730,0
87.	2733,2	2736,3	2739,5	2742,6	2745,8	2748,9	2752,0	2755,2	2758,3	2761,5
88.	2764,6	2767,7	2770,9	2774,0	2777,2	2780,3	2783,5	2786,6	2789,7	2792,9
89.	2796,0	2799,2	2802,3	2805,4	2808,6	2811,7	2814,9	2818,0	2821,2	2824,3
90.	2827,4	2830,6	2833,7	2836,9	2840,0	2843,1	2846,3	2849,4	2852,6	2855,7
91.	2858,8	2862,0	2865,1	2868,3	2871,4	2874,6	2877,7	2880,8	2884,0	2887,1
92.	2890,3	2893,4	2896,5	2899,7	2902,8	2906,0	2909,1	2912,3	2915,4	2918,5
93.	2921,7	2924,8	2928,0	2931,1	2934,2	2937,4	2940,5	2943,7	2946,8	2950,0
94.										
95.	2984,5	2987,7	2990,8	2993,9	2997,1	3000,2	3003,4	3006,5	3009,6	3012,7
96.	3015,9	3019,1	3022,2	3025,4	3028,5	3031,6	3034,8	3037,9	3041,1	3044,2
97.	3047,3	3050,5	3053,6	3056,8	3059,9	3063,1	3066,2	3069,3	3072,5	3075,6
98.	3078,8	3081,9	3085,0	3088,2	3091,3	3094,5	3097,6	3100,8	3103,9	3107,0
99.	3110,2	3113,3	3116,5	3119,6	3122,7	3125,9	3129,0	3132,2	3135,3	3138,5
100.	3141,6									

Aplicación. — Desarrollo de las circunferencias de diámetros d y d · $10^{\pm n}$

Ejemplo. — d = 743Ø (unidades determinadas en cada caso)

Para 743Ø directamente en la Tabla, desarrollo C = 2334,2

74300Ø	C = ...233420
7430Ø	C = ...23342
743Ø	C = ...2334,2
74,3Ø	C = ...233,42
7,43Ø	C = ...23,342
0,743Ø	C = ...2,334
0,0743Ø,	C = 0,233

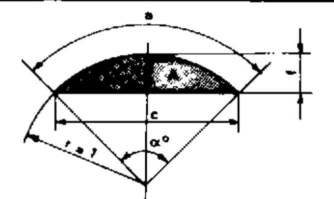
Circunferencia y arcos

SEGMENTO CIRCULAR DE RADIO UNIDAD

Longitud a del arco, c de la cuerda, f de la flecha, y área A del segmento
Angulo central α 1 a 90°

TABLA 8, · 1

Grados α	Arco a	Flecha f	Cuerda c	Area A	Grados α	Arco a	Flecha f	Cuerda c	Area A
1	0,0175	0,0000	0,0175	0,00000	46	0,8029	0,0795	0,7815	0,04176
2	0,0349	0,0002	0,0349	0,00000	47	0,8203	0,0829	0,7975	0,04448
3	0,0524	0,0003	0,0524	0,00001	48	0,8378	0,0865	0,8135	0,04731
4	0,0698	0,0006	0,0698	0,00003	49	0,8552	0,0900	0,8294	0,05025
5	0,0873	0,0010	0,0872	0,00006	50	0,8727	0,0937	0,8452	0,05331
6	0,1047	0,0014	0,1047	0,00010	51	0,8901	0,0974	0,8610	0,05649
7	0,1222	0,0019	0,1221	0,00015	52	0,9076	0,1012	0,8767	0,05978
8	0,1396	0,0024	0,1395	0,00023	53	0,9250	0,1051	0,8924	0,06319
9	0,1571	0,0031	0,1569	0,00032	54	0,9425	0,1090	0,9080	0,06673
10	0,1745	0,0038	0,1743	0,00044	55	0,9599	0,1130	0,9235	0,07039
11	0,1920	0,0046	0,1917	0,00059	56	0,9774	0,1171	0,9389	0,07417
12	0,2094	0,0055	0,2091	0,00076	57	0,9948	0,1212	0,9543	0,07808
13	0,2269	0,0064	0,2264	0,00097	58	1,0123	0,1254	0,9696	0,08212
14	0,2443	0,0075	0,2437	0,00121	59	1,0297	0,1296	0,9848	0,08629
15	0,2618	0,0086	0,2611	0,00149	60	1,0472	0,1340	1,0000	0,09059
16	0,2793	0,0097	0,2783	0,00181	61	1,0647	0,1384	1,0151	0,09502
17	0,2967	0,0110	0,2956	0,00217	62	1,0821	0,1428	1,0301	0,09958
18	0,3142	0,0123	0,3129	0,00257	63	1,0996	0,1474	1,0450	0,10428
19	0,3316	0,0137	0,3301	0,00302	64	1,1170	0,1520	1,0598	0,10911
20	0,3491	0,0152	0,3473	0,00352	65	1,1345	0,1566	1,0746	0,11408
21	0,3665	0,0167	0,3645	0,00408	66	1,1519	0,1613	1,0893	0,11919
22	0,3840	0,0184	0,3816	0,00468	67	1,1694	0,1661	1,1039	0,12443
23	0,4014	0,0201	0,3987	0,00535	68	1,1868	0,1710	1,1184	0,12982
24	0,4189	0,0219	0,4158	0,00607	69	1,2043	0,1759	1,1328	0,13535
25	0,4363	0,0237	0,4329	0,00686	70	1,2217	0,1808	1,1472	0,14102
26	0,4538	0,0256	0,4499	0,00771	71	1,2392	0,1859	1,1614	0,14683
27	0,4712	0,0276	0,4669	0,00862	72	1,2566	0,1910	1,1756	0,15279
28	0,4887	0,0297	0,4838	0,00961	73	1,2741	0,1961	1,1896	0,15889
29	0,5061	0,0319	0,5008	0,01067	74	1,2915	0,2014	1,2036	0,16514
30	0,5236	0,0341	0,5176	0,01180	75	1,3090	0,2066	1,2175	0,17154
31	0,5411	0,0364	0,5345	0,01301	76	1,3265	0,2120	1,2313	0,17808
32	0,5585	0,0387	0,5513	0,01429	77	1,3439	0,2174	1,2450	0,18477
33	0,5760	0,0412	0,5680	0,01566	78	1,3614	0,2229	1,2586	0,19160
34	0,5934	0,0437	0,5847	0,01711	79	1,3788	0,2284	1,2722	0,19859
35	0,6109	0,0463	0,6014	0,01864	80	1,3963	0,2340	1,2856	0,20573
36	0,6283	0,0489	0,6180	0,02027	81	1,4137	0,2396	1,2989	0,21301
37	0,6458	0,0517	0,6346	0,02198	82	1,4312	0,2453	1,3121	0,22045
38	0,6632	0,0545	0,6511	0,02378	83	1,4486	0,2510	1,3252	0,22804
39	0,6807	0,0574	0,6676	0,02568	84	1,4661	0,2569	1,3383	0,23578
40	0,6981	0,0603	0,6840	0,02767	85	1,4835	0,2627	1,3512	0,24367
41	0,7156	0,0633	0,7004	0,02976	86	1,5010	0,2686	1,3640	0,25171
42	0,7330	0,0664	0,7167	0,03195	87	1,5184	0,2746	1,3767	0,25990
43	0,7505	0,0696	0,7330	0,03425	88	1,5359	0,2807	1,3893	0,26825
44	0,7679	0,0728	0,7492	0,03664	89	1,5533	0,2867	1,4018	0,27675
45	0,7854	0,0761	0,7654	0,03915	90	1,5708	0,2929	1,4142	0,28540



Arco de 180°, a = 3,141592654; Arco de 1°, a = 0,017453292
Arco de 1′, a = 0,0002908882; Arco de 1″, a = 0,00000484814
Radián, a = 1, α = 57,2957795° = 57° 17′ 44,806″

Aplicación. — Valores correspondientes a un arco de 25° y 175 mm. de radio (aplicable a otras unidades de longitud).

Arco.	a =	0,4363 × 175 = 76,352 mm.
Flecha.	f =	0,0237 × 175 = 4,148 mm.
Cuerda.	c =	0,4329 × 175 = 75,758 mm.
Area.	A =	0,00686 × 175^2 = 210,1 mm^2.

Nota: Para determinar las áreas, se multiplica el valor de la tabla por el cuadrado del radio correspondiente.

Circunferencia y arcos	**SEGMENTO CIRCULAR DE RADIO UNIDAD** *Longitud a del arco, c de la cuerda, f de la flecha, y área A del segmento. Angulo central α, 91 a 180°*	TABLA 8_2 · 1

Grados α	Arco a	Flecha f	Cuerda c	Area A	Grados α	Arco a	Flecha f	Cuerda c	Area A
91	1,5882	0,2991	1,4265	0,29420	136	2,3736	0,6254	1,8544	0,83949
92	1,6057	0,3053	1,4387	0,30316	137	2,3911	0,6335	1,8608	0,85455
93	1,6232	0,3116	1,4507	0,31226	138	2,4086	0,6416	1,8672	0,86971
94	1,6406	0,3180	1,4627	0,32152	139	2,4260	0,6498	1,8733	0,88497
95	1,6581	0,3244	1,4746	0,33093	140	2,4435	0,6580	1,8794	0,90034
96	1,6755	0,3309	1,4863	0,34050	141	2,4609	0,6662	1,8853	0,91580
97	1,6930	0,3374	1,4979	0,35021	142	2,4784	0,6744	1,8910	0,93135
98	1,7104	0,3439	1,5094	0,36008	143	2,4958	0,6827	1,8966	0,94700
99	1,7279	0,3506	1,5208	0,37009	144	2,5133	0,6910	1,9021	0,96274
100	1,7453	0,3572	1,5321	0,38026	145	2,5307	0,6993	1,9074	0,97858
101	1,7628	0,3639	1,5432	0,39058	146	2,5482	0,7076	1,9126	0,99449
102	1,7802	0,3707	1,5543	0,40104	147	2,5656	0,7160	1,9176	1,01050
103	1,7977	0,3775	1,5652	0,41166	148	2,5831	0,7244	1,9225	1,02658
104	1,8151	0,3843	1,5760	0,42242	149	2,6005	0,7328	1,9273	1,04275
105	1,8326	0,3912	1,5867	0,43333	150	2,6180	0,7412	1,9319	1,05900
106	1,8500	0,3982	1,5973	0,44439	151	2,6354	0,7496	1,9363	1,07532
107	1,8675	0,4052	1,6077	0,45560	152	2,6529	0,7581	1,9406	1,09171
108	1,8850	0,4122	1,6180	0,46695	153	2,6704	0,7666	1,9447	1,10818
109	1,9024	0,4193	1,6282	0,47845	154	2,6878	0,7750	1,9487	1,12472
110	1,9199	0,4264	1,6383	0,49008	155	2,7053	0,7836	1,9526	1,14132
111	1,9373	0,4336	1,6483	0,50187	156	2,7227	0,7921	1,9563	1,15799
112	1,9548	0,4408	1,6581	0,51379	157	2,7402	0,8006	1,9598	1,17472
113	1,9722	0,4481	1,6678	0,52586	158	2,7576	0,8092	1,9633	1,19151
114	1,9897	0,4554	1,6773	0,53806	159	2,7751	0,8178	1,9665	1,20835
115	2,0071	0,4627	1,6868	0,55041	160	2,7925	0,8264	1,9696	1,22525
116	2,0246	0,4701	1,6961	0,56289	161	2,8100	0,8350	1,9726	1,24221
117	3,0420	0,4775	1,7053	0,57551	162	2,8274	0,8436	1,9754	1,25921
118	2,0595	0,4850	1,7143	0,58827	163	2,8449	0,8522	1,9780	1,27626
119	2,0769	0,4925	1,7233	0,60116	164	2,8623	0,8608	1,9805	1,29335
120	2,0944	0,5000	1,7321	0,61418	165	2.8798	0,8695	1,9829	1,31049
121	2,1118	0,5076	1,7407	0,62734	166	2,8972	0,8781	1,9851	1,32766
122	2,1293	0,5152	1,7492	0,64063	167	2,9147	0,8868	1,9871	1,34487
123	2,1468	0,5228	1,7576	0,65404	168	2,9322	0,8955	1,9890	1,36212
124	2,1642	0,5305	1,7659	0,66759	169	2,9496	0,9042	1,9908	1,37940
125	2,1817	0,5383	1,7740	0,68125	170	2,9671	0,9128	1,9924	1,39671
126	2,1991	0,5460	1,7820	0,69505	171	2,9845	0,9215	1,9938	1,41404
127	2,2166	0,5538	1,7899	0,70897	172	3,0020	0,9302	1,9951	1,43140
128	2,2340	0,5616	1,7976	0,72301	173	3,0194	0,9390	1,9963	1,44878
129	2,2515	0,5695	1,8052	0,73716	174	3,0369	0,9477	1,9973	1,46617
130	2,2689	0,5774	1,8126	0,75144	175	3,0543	0,9564	1,9981	1,48359
131	2,2864	0,5853	1,8199	0,76584	176	3,0718	0,9651	1,9988	1,50101
132	2,3038	0,5933	1,8271	0,78034	177	3,0892	0,9738	1,9993	1,51845
133	2,3213	0,6013	1,8341	0,79497	178	3,1067	0,9825	1,9997	1,53589
134	2,3387	0,6093	1,8410	0,80970	179	3,1241	0,9913	1,9999	1,55334
135	2,3562	0,6173	1,8478	0,82454	180	3,1416	1,0000	2,0000	1,57080

Desarrollo de a para funciones de α

	Minutos		Segundos
1	0,000291	1	0,0000049
2	0,000582	2	0,0000097
3	0,000873	3	0,0000145
4	0,001164	4	0,0000194
5	0,001454	5	0,0000242
6	0,001745	6	0,0000291
7	0,002036	7	0,0000339
8	0,002327	8	0,0000388
9	0,002618	9	0,0000436
10	0,002909	10	0,0000485

Aplicación. — Longitud de un arco de 93° 47′ 22″ en una circunferencia de 18,25 m. de radio.

93° .... a − 1,6232
40′ ..... a = 0,01164
7′ ..... a = 0,002036
20″.. a = 0,000097
2″ . a = 0,0000097

93° 47′22″ a = 1,6369827

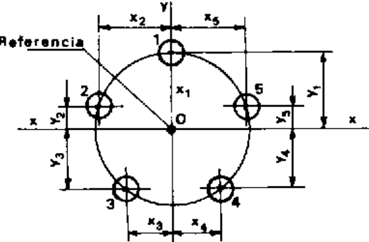
Longitud del arco, l = 1,6369827 × 18,25 = 29,875 m.

Nota. — No se puede interpolar para f, c y A

DIVISIÓN DE LA CIRCUNFERENCIA EN PARTES IGUALES POR MEDIO DE COORDENADAS

Las coordenadas que figuran en la Tabla corresponden a la circunferencia de diámetro unidad.

Para determinar las coordenadas de otros diámetros se multiplicarán las correspondientes por el valor del diámetro dado.



Las coordenadas expuestas corresponden a circunferencias divididas en partes iguales (entre 3 y 24 divisiones), numeradas en sentido contrario al movimiento de las agujas del reloj (levógiro).

3 agujeros

x_1	0,00
y_1	–,050
x_2	–0,43301
y_2	+0,25
x_3	+0,43301
y_3	+0,25

4 agujeros

x_1	0,00
y_1	–0,50
x_2	–0,50
y_2	0,00
x_3	0,00
y_3	+0,50
x_4	+0,50
y_4	0,00

5 agujeros

x_1	0,00
y_1	–0,50
x_2	–0,47553
y_2	–0,15451
x_3	–0,29389
y_3	+0,40451
x_4	+0,29389
y_4	+0,40451
x_5	+0,47553
y_5	–0,15451

6 agujeros

x_1	0,00
y_1	–0,50
x_2	–0,43301
y_2	0,25
x_3	0,43301
y_3	+0,25
x_4	0,00
y_4	+0,50
x_5	+0,43301
y_5	+0,25
x_6	+0,43301
y_6	–0,25

8 agujeros

x_1	0,00
y_1	–0,25
x_2	–0,35355
y_2	–0,35355
x_3	–0,50
y_3	0,00
x_4	–0,35355
y_4	+0,35355
x_5	0,00
y_5	+0,50
x_6	+0,35355
y_6	+0,35355
x_7	+0,50
y_7	0,00
x_8	+0,35355
y_8	0,35355

10 agujeros

x_1	0,00
y_1	–0,50
x_2	–0,29389
y_2	–0,40451
x_3	–0,47553
y_3	–0,15451
x_4	–0,47553
y_4	+0,15451
x_5	–0,29389
y_5	+0,40451
x_6	0,00
y_6	+0,50
x_7	+0,29389
y_7	+0,40451
x_8	+0,47553
y_8	+0,15451
x_9	+0,47553
y_9	–0,15451
x_{10}	+0,29389
y_{10}	–0,40451

12 agujeros

x_1	0,00
y_1	–0,50
x_2	–0,25
y_2	–0,43301
x_3	+0,43301
y_3	–0,25
x_4	–0,50
y_4	0,00
x_5	–0,43301
y_5	+0,25
x_6	–0,25
y_6	+0,43301
x_7	0,00
y_7	+0,50
x_8	+0,25
y_8	+0,43301
x_9	+0,43301
y_9	+0,25
x_{10}	+0,50
y_{10}	0,00
x_{11}	+0,43301
y_{11}	–0,25
x_{12}	+0,25
y_{12}	–0,43301

15 agujeros

x_1	0,00
y_1	–0,50
x_2	–0,20337
y_2	–0,45677
x_3	–0,37157
y_3	–0,33457
x_4	–0,47553
y_4	–0,15451
x_5	–0,49726
y_5	+0,05226
x_6	–0,43301
y_6	+0,25
x_7	–0,29389
y_7	+0,40451
x_8	–0,10396
y_8	+0,48907
x_9	+0,10396
y_9	+0,48907
x_{10}	+0,29389
y_{10}	+0,40451
x_{11}	+0,43301
y_{11}	+0,25
x_{12}	+0,49726
y_{12}	+0,05226
x_{13}	+0,47553
y_{13}	–0,15451
x_{14}	+0,37157
y_{14}	–0,33457
x_{15}	+0,20337
y_{15}	–0,45677

16 agujeros

x_1	0,00
y_1	–0,50
x_2	–0,19134
y_2	–0,46194
x_3	–0,35355
y_3	–0,35355
x_4	–0,46194
y_4	–0,19134
x_5	–0,50
y_5	0,00
x_6	–0,46194
y_6	+0,19134
x_7	–0,35355
y_7	+0,35355
x_8	–0,19134
y_8	+0,46194
x_9	0,00
y_9	+0,50
x_{10}	+0,19134
y_{10}	+0,46194
x_{11}	+0,35355
y_{11}	+0,35355
x_{12}	+0,46194
y_{12}	+0,19134
x_{13}	+0,50
y_{13}	0,00
x_{14}	+0,46194
y_{14}	–0,19134
x_{15}	+0,35355
y_{15}	–0,35355
x_{16}	+0,19134
y_{16}	–0,46194

18 agujeros

x_1	0,00
y_1	–0,50
x_2	–0,17101
y_2	–0,46985
x_3	–0,32139
y_3	–0,38302
x_4	–0,43301
y_4	–0,25
x_5	–0,49240
y_5	–0,08682
x_6	–0,49240
y_6	+0,08682
x_7	–0,43301
y_7	+0,25
x_8	–0,32139
y_8	+0,38302
x_9	–0,17101
y_9	+0,46985
x_{10}	0,00
y_{10}	+0,50
x_{11}	+0,17101
y_{11}	+0,46985
x_{12}	+0,32139
y_{12}	+0,38302
x_{13}	+0,43301
y_{13}	+0,25
x_{14}	+0,49240
y_{14}	+0,08682
x_{15}	+0,49240
y_{15}	–0,08682
x_{16}	+0,43301
y_{16}	–0,25
x_{17}	+0,32139
y_{17}	–0,38302
x_{18}	+0,17101
y_{18}	–0,46985

20 agujeros

x_1	0,00
y_1	–0,50
x_2	–0,15451
y_2	–0,47553
x_3	–0,29389
y_3	–0,40451
x_4	–0,40451
y_4	–0,20389
x_5	–0,47553
y_5	–0,15451
x_6	–0,50
y_6	0,00
x_7	–0,47553
y_7	+0,15451
x_8	–0,40451
y_8	+0,29389
x_9	–0,29389
y_9	+0,40451
x_{10}	–0,15451
y_{10}	+0,47553
x_{11}	0,00
y_{11}	+0,50
x_{12}	+0,15451
y_{12}	+0,47553
x_{13}	+0,29389
y_{13}	+0,40451
x_{14}	+0,40451
y_{14}	+0,29389
x_{15}	+0,47553
y_{15}	+0,15451
x_{16}	+0,50
y_{16}	0,00
x_{17}	+0,47553
y_{17}	–0,15451
x_{18}	+0,40451
y_{18}	–0,29389
x_{19}	+0,29389
y_{19}	–0,40451
x_{20}	+0,15451
y_{20}	–0,47553

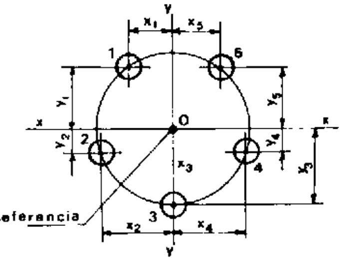
24 agujeros

x_1	0,00
y_1	–0,50
x_2	–0,12941
y_2	–0,48296
x_3	–0,25
y_3	–0,43301
x_4	–0,35355
y_4	–0,35355
x_5	–0,43301
y_5	–0,25
x_6	–0,48296
y_6	–0,12941
x_7	–0,50
y_7	0,00
x_8	–0,48296
y_8	+0,12941
x_9	–0,43301
y_9	+0,25
x_{10}	–0,35355
y_{10}	+0,35355
x_{11}	–0,25
y_{11}	+0,43301
x_{12}	–0,12941
y_{12}	+0,48296
x_{13}	0,00
y_{13}	+0,50
x_{14}	+0,12941
y_{14}	+0,48296
x_{15}	+0,25
y_{15}	+0,43301
x_{16}	+0,35355
y_{16}	+0,35355
x_{17}	+0,43301
y_{17}	+0,25
x_{18}	+0,48296
y_{18}	+0,12941
x_{19}	+0,50
y_{19}	0,00
x_{20}	+0,48296
y_{20}	–0,12941
x_{21}	+0,43301
y_{21}	–0,25
x_{22}	+0,35355
y_{22}	–0,35355
x_{23}	+0,25
y_{23}	–0,43301
x_{24}	+0,12941
y_{24}	–0,48296

Polígonos en la circunferencia	***DIVISIÓN DE LA CIRCUNFERENCIA EN PARTES IGUALES POR MEDIO DE COORDENADAS***	TABLA 9_2 · 1

Las coordenadas que figuran en la Tabla corresponden a la circunferencia de diámetro unidad.

Para determinar las coordenadas de otros diámetros se multiplicarán las correspondientes por el valor del diámetro dado.



Las coordenadas expuestas corresponden a circunferencias divididas en partes iguales (entre 3 y 24 divisiones), numeradas en sentido contrario al movimiento de las agujas del reloj (levógiro).

3 agujeros	
x_1	−0,43301
y_1	−,25
x_2	−0,00
y_2	+0,50
x_1	+0,43301
y_3	−0,25

4 agujeros	
x_1	−0,35355
y_1	−0,35355
x_2	0,35355
y_2	+0,35355
x_3	+0,35355
y_3	+0,35355
x_4	+0,35355
y_4	−0,35355

5 agujeros	
x_1	−0,29389
y_1	−0,40451
x_2	−0,47553
y_2	+0,15451
x_3	0,00
y_3	+0,50
x_4	+0,47553
y_4	+0,15451
x_5	+0,29389
y_5	−0,40451

6 agujeros	
x_1	−0,25
y_1	−0,43301
x_2	−0,50
y_2	0,00
x_3	−0,25
y_3	+0,43301
x_4	+0,25
y_4	+0,43301
x_5	+0,50
y_5	0,00
x_6	+0,25
y_6	−0,43301

8 agujeros	
x_1	−0,19134
y_1	−0,46194
x_2	−0,46194
y_2	−0,19134
x_3	−0,46194
y_3	+0,19134
x_4	−0,19134
y_4	+0,46194
x_5	+0,19134
y_5	+0,46194
x_6	+0,46194
y_6	+0,19134
x_7	+0,46194
y_7	−0,19134
x_8	+0,19134
y_8	−0,46194

10 agujeros	
x_1	−0,15451
y_1	−0,47553
x_2	−0,40451
y_2	−0,29389
x_3	−0,50
y_3	0,00
x_4	−0,40451
y_4	+0,29389
x_5	−0,15451
y_5	+0,47553
x_6	+0,15451
y_6	+0,47553
x_7	+0,40451
y_7	+0,29389
x_8	+0,50
y_8	0,00
x_9	+0,40451
y_9	−0,29389
x_{10}	+0,15451
y_{10}	−0,47553

12 agujeros	
x_1	−0,12941
y_1	−0,48296
x_2	−0,35355
y_2	−0,35355
x_3	−0,48296
y_3	−0,12941
x_4	−0,48296
y_4	+0,12941
x_5	−0,35355
y_5	+0,35355
x_6	0,12941
y_6	+0,48296
x_7	+0,12941
y_7	+0,48296
x_8	0,35355
y_8	+0,35355
x_9	+0,48296
y_9	+0,12941
x_{10}	+0,48296
y_{10}	−0,12941
x_{11}	+0,35355
y_{11}	−0,35355
x_{12}	+0,12941
y_{12}	−0,48296

15 agujeros	
x_1	0,10396
y_1	−0,48907
x_2	−0,29389
y_2	−0,40451
x_3	0,43301
y_3	−0,25
x_4	−0,49726
y_4	−0,05226
x_5	−0,47553
y_5	+0,15451
x_6	−0,37157
y_6	+0,33457
x_7	−0,20337
y_7	+0,45677
x_8	0,00
y_8	+0,50
x_9	+0,20337
y_9	+0,45677
x_{10}	+0,37157
y_{10}	+0,33457
x_{11}	+0,47553
y_{11}	+0,15451
x_{12}	+0,49726
y_{12}	−0,05226
x_{13}	+0,43301
y_{13}	−0,25
x_{14}	+0,29389
y_{14}	−0,40451
x_{15}	+0,10396
y_{15}	−0,48907

16 agujeros	
x_1	−0,09755
y_1	0,49039
x_2	−0,27779
y_2	−0,41573
x_3	−0,41573
y_3	−0,27719
x_4	−0,49039
y_4	−0,09155
x_5	−0,49039
y_5	+0,09755
x_6	−0,41573
y_6	+0,27779
x_7	0,27779
y_7	+0,41573
x_8	−0,09755
y_8	+0,49039
x_9	+0,09755
y_9	+0,49039
x_{10}	+0,27779
y_{10}	+0,41573
x_{11}	+0,41573
y_{11}	+0,27779
x_{12}	+0,49039
y_{12}	+0,09755
x_{13}	+0,49039
y_{13}	−0,09755
x_{14}	+0,41573
y_{14}	−0,27779
x_{15}	+0,27779
y_{15}	−0,41573
x_{16}	+0,09755
y_{16}	−0,49039

18 agujeros	
x_1	0,08682
y_1	0,49240
x_2	−0,25
y_2	−0,43301
x_3	−0,38302
y_3	−0,32139
x_4	−0,46985
y_4	0,17101
x_5	−0,50
y_5	0,00
x_6	−0,46985
y_6	+0,17101
x_7	−0,38302
y_7	+0,32139
x_8	−0,25
y_8	+0,43301
x_9	0,08682
y_9	+0,49240
x_{10}	+0,08682
y_{10}	+0,49240
x_{11}	+0,25
y_{11}	+0,43301
x_{12}	+0,38302
y_{12}	+0,32139
x_{13}	+0,46985
y_{13}	+0,17101
x_{14}	+0,50
y_{14}	0,00
x_{15}	+0,46985
y_{15}	−0,17101
x_{16}	+0,38302
y_{16}	−0,32139
x_{17}	+0,25
y_{17}	−0,43301
x_{18}	+0,08682
y_{18}	−0,49240

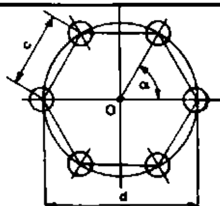
20 agujeros	
x_1	−0,07822
y_1	−0,49384
x_2	−0,22700
y_2	−0,44550
x_3	−0,35355
y_3	0,35355
x_4	−0,44550
y_4	0,22700
x_5	−0,49384
y_5	−0,07822
x_6	−0,49384
y_6	+0,07822
x_7	−0,44550
y_7	+0,22700
x_8	−0,35355
y_8	+0,35355
x_9	−0,22700
y_9	+0,44550
x_{10}	−0,07822
y_{10}	+0,49384
x_{11}	+0,07822
y_{11}	+0,49384
x_{12}	+0,22700
y_{12}	+0,44550
x_{13}	+0,35355
y_{13}	+0,35355
x_{14}	+0,44550
y_{14}	+0,22700
x_{15}	+0,49384
y_{15}	+0,07822
x_{16}	+0,49384
y_{16}	−0,07822
x_{17}	+0,44550
y_{17}	0,22700
x_{18}	+0,35355
y_{18}	−0,35355
x_{19}	+0,22700
y_{19}	0,44550
x_{20}	+0,07822
y_{20}	−0,49384

24 agujeros	
x_1	−0,06526
y_1	−0,49572
x_2	−0,19134
y_2	−0,46194
x_3	−0,30438
y_3	0,39668
x_4	−0,39668
y_4	−0,30438
x_5	0,46194
y_5	−0,19134
x_6	−0,49572
y_6	−0,06526
x_7	−0,49572
y_7	+0,06526
x_8	−0,46194
y_8	+0,19134
x_9	−0,39668
y_9	+0,30438
x_{10}	−0,30438
y_{10}	+0,39668
x_{11}	−0,19134
y_{11}	+0,46194
x_{12}	−0,06526
y_{12}	+0,49572
x_{13}	+0,06526
y_{13}	+0,49572
x_{14}	+0,19134
y_{14}	+0,46194
x_{15}	+0,30438
y_{15}	+0,39668
x_{16}	+0,39668
y_{16}	+0,30438
x_{17}	+0,46194
y_{17}	+0,19134
x_{18}	+0,49572
y_{18}	+0,06526
x_{19}	+0,49572
y_{19}	−0,06526
x_{20}	+0,46194
y_{20}	−0,19134
x_{21}	+0,39668
y_{21}	−0,30438
x_{22}	+0,30438
y_{22}	−0,39668
x_{23}	+0,19134
y_{23}	−0,46194
x_{24}	+0,06526
y_{24}	−0.49512

Polígonos en la circunferencia	ÁNGULO CENTRAL Y CUERDA EN LA CIRCUNFERENCIA DIVIDIDA n PARTES IGUALES	TABLA 10 . 1

$$\alpha = \frac{360}{n}$$

n, número de divisiones de la circunferencia



$$c = d \times \text{sen}\,\frac{\alpha}{2}$$

diámetro, d = 1

Número de divisiones n	*Grados del ángulo central* α	*Longitud de la cuerda* c	*Número de divisiones* n	*Grados del ángulo central* α	*Longitud de la cuerda* c	*Número de divisiones* n	*Grados del ángulo central* α	*Longitud de la cuerda* c
			36	10	0,087156	71	5,0104	0,044233
			37	9,7297	0,084806	72	5	0,043619
3	120	0,866025	38	9,4737	0,082579	73	4,9315	0,043022
4	90	0,707107	39	9,2308	0,080467	74	4,8649	0,042441
5	72	0,587785	40	9	0,078459	75	4,8	0,041876
6	60	0,500000	41	8,7805	0,076549	76	4,7368	0,041325
7	51,4286	0,433884	42	8,5714	0,074730	77	4,6753	0,040789
8	45	0,382683	43	8,3721	0,072995	78	4,6154	0,040266
9	40	0,342020	44	8,1818	0,071339	79	4,5570	0,039757
10	36	0,309017	45	8	0,069756	80	4,5	0,039260
11	32,7273	0,281733	46	7,8261	0,068242	81	4,4444	0,038775
12	30	0,258819	47	7,6596	0,066739	82	4,3902	0,038303
13	27,6923	0,239316	48	7,5	0,065403	83	4,3373	0,037841
14	25,7143	0,222521	49	7,3469	0,064070	84	4,2857	0,037391
15	24	0,207912	50	7,2	0,062791	85	4,2353	0,036951
16	22,5	0,195090	51	7,0588	0,061561	86	4,1860	0,036522
17	21,1765	0,183750	52	6,9231	0,060378	87	4,1379	0,036102
18	20	0,173648	53	6,7925	0,059241	88	4,0909	0,035692
19	18,9474	0,164595	54	6,6667	0,058145	89	4,0449	0,035291
20	18	0,156434	55	6,5455	0,057089	90	4	0,034899
21	17,1429	0,149042	56	6,4286	0,056070	91	3,9560	0,034516
22	16,3636	0,142315	57	6,3158	0,055088	92	3,9130	0,034141
23	15,6522	0,136167	58	6,2069	0,054139	93	3,8710	0,033774
24	15	0,130526	59	6,1017	0,053222	94	3,8298	0,033415
25	14,4	0,125333	60	6	0,052336	95	3,7895	0,033063
26	13,8462	0,120537	61	5,9016	0,051479	96	3,75	0,032719
27	13,3333	0,116093	62	5,8065	0,050649	97	3,7113	0,032382
28	12,8571	0,111964	63	5,7143	0,049846	98	3,6735	0,032052
29	12,4138	0,108119	64	5,625	0,049068	99	3,6364	0,031728
30	12	0,104528	65	5,5385	0,048313	100	3,6	0,031411
31	11,6129	0,101168	66	5,4545	0,047582	110	3,2727	0,028556
32	11,25	0,098017	67	5,3731	0,046872	120	3	0,026177
33	10,9091	0,095056	68	5,2941	0,046183	130	2,7692	0,024164
34	10,5882	0,092268	69	5,2174	0,045515	140	2,5714	0,022438
35	10,2857	0,089639	70	5,1429	0,044865	150	2,4	0,020942

Aplicación:

a) Valor del ángulo central y de la cuerda en una circunferencia de 350 mm. de diámetro dividida en 16 partes iguales.

Angulo central α = 22,5°; cuerda c = 0,19509 × 350 = 68,282 mm.

b) Valor del ángulo central y de la cuerda en una circunferencia de 120 m. de diámetro dividida en 160 partes iguales.

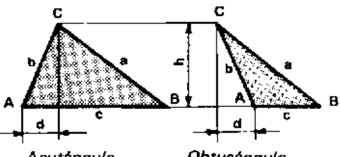
$$\text{Angulo central } \alpha = \frac{360}{160} = 2{,}25°;\ \text{sen}\,\frac{2{,}25°}{2} = 0{,}019634$$

Cuerda = 0,019634 × 120 = 2,356 m.

Áreas de cuerpo geométricos	ÁREA DE POLÍGONOS	TABLA 11. . 1



Triángulo



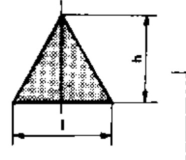
$$A = \frac{ch}{2}$$

$$A = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}\ ; \quad s = \text{semiperimetro}$$

$$A = \frac{c}{2}\sqrt{a^2 - \left(\frac{a^2 - b^2 + c^2}{2c}\right)^2} \quad \text{(acutángulo).}$$

$$A = \frac{c}{2}\sqrt{b^2 - \left(\frac{a^2 - b^2 - c^2}{2c}\right)^2} \quad \text{(obtusángulo).}$$

Triángulo equilátero



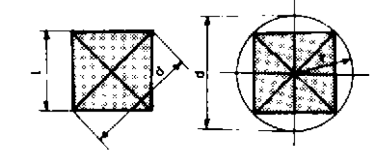
$$A = \frac{lh}{2} = 0{,}5 \cdot lh$$

$$A = \frac{\sqrt{3}}{4}\, l^2 = 0{,}433 \cdot l^2$$

$$A = \frac{\sqrt{3}}{3}\, h^2 = 0{,}5774 \cdot h^2$$

$$A = \frac{3\sqrt{3}}{16}\, d^2 = 0{,}3248 \cdot d^2\ ;\ A = \frac{3\sqrt{3}}{4}\, r^2 = 1{,}299 \cdot r^2$$

Cuadrado

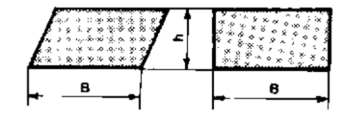


$$A = l^2$$

$$A = \frac{d^2}{2} = 0{,}5 \cdot d^2$$

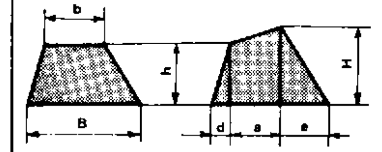
$$A = 2 \cdot r^2$$

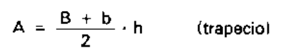
Paralelogramo



$$A = Bh$$

Trapecio y trapezoide

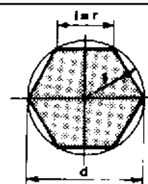




$$A = \frac{B + b}{2} \cdot h \qquad \text{(trapecio)}$$

$$A = \frac{a(H + h) + dh + eH}{2} \qquad \text{(trapezoide)}$$

Exágono regular

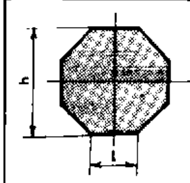


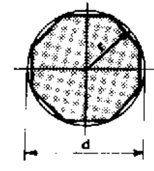
$$A = \frac{\sqrt{3}}{2}\, h^2 = 0{,}866 \cdot h^2$$

$$A = \frac{3\sqrt{3}}{2}\, l^2 = \frac{3\sqrt{3}}{2} \cdot r^2 = 2{,}5981 \cdot l^2 \qquad (l = r).$$

$$A = \frac{3\sqrt{3}}{8}\, d^2 = 0{,}6495 \cdot d^2$$

Octógono regular





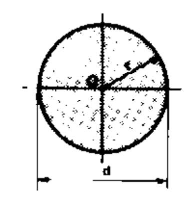
$$A = \frac{2}{1 + \sqrt{2}}\, h^2 = 0{,}8284 \cdot h^2$$

$$A = 2(1 + \sqrt{2})\, l^2 = 4{,}8284 \cdot l^2$$

$$A = 2\sqrt{2}\, r^2 = 2{,}8284 \cdot r^2$$

$$A = \frac{\sqrt{2}}{2}\, d^2 = 0{,}7071 \cdot d^2$$

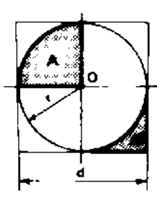
ÁREA DEL CÍRCULO Y DE SECCIONES DE CÍRCULO



Círculo

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 = 0{,}7854 \cdot d^2$$

$$A = \pi r^2 = 3{,}1416 \cdot r^2$$



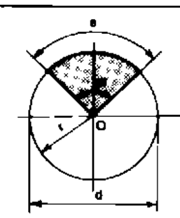
Cuadrante y triángulo cóncavo

$$A = \frac{\pi}{16} d^2 = 0{,}1963 \cdot d^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} r^2 = 0{,}7854 \cdot r^2$$

(cuadrante)

$$A' = \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) r^2 = 0{,}2146 \cdot r^2$$ (triángulo cóncavo)

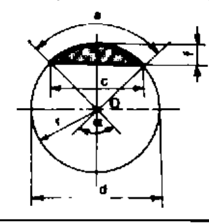


Sector circular

$$A = \frac{ar}{2}$$

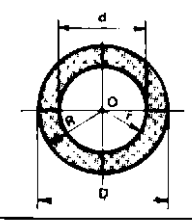
$$A = \pi r^2 \frac{\alpha^\circ}{360^\circ} = 0{,}008727 \cdot \alpha^\circ r^2$$ (sexagesimal)

$$A = \pi r^2 \frac{\alpha^g}{400^g} = 0{,}007854 \cdot \alpha^g r^2$$ (centesimal)



Segmento circular

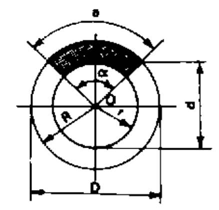
$$A = \frac{r(a - c) + cf}{2} \left(= \frac{ra - c(r - f)}{2} \right)$$



Corona circular

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) = 0{,}7854 (D^2 - d^2)$$

$$A = \pi(R^2 - r^2) = 3{,}1416 (R^2 - r^2)$$

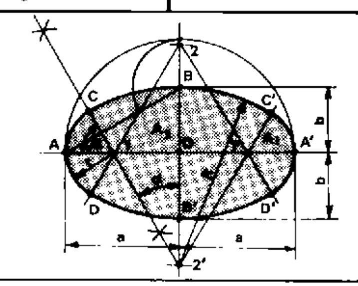


Sector de corona circular

$$A = \frac{\pi \alpha^\circ}{4 \times 360^\circ} (D^2 - d^2) = 0{,}002182 \cdot \alpha^\circ (D^2 - d^2)$$

$$A = \frac{\pi \alpha^\circ}{360^\circ} (R^2 - r^2) = 0{,}008727 \cdot \alpha^\circ (R^2 - r^2)$$

Áreas de cuerpos geométricos	ÁREA DE SUPERFICIES DIVERSAS	TABLA 11₃ . 1



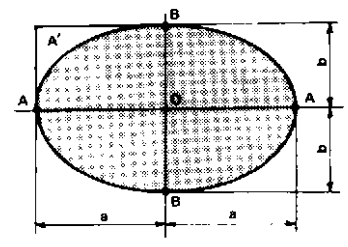
Óvalo

$A = 2(A_1 + A_2 - A_3)$

$A_1 = \pi r^2 \frac{2\beta°}{360°}$ (sector circular 1DAC)

$A_2 = \pi R^2 \frac{2\alpha°}{360°}$ (sector circular 2'CBC')

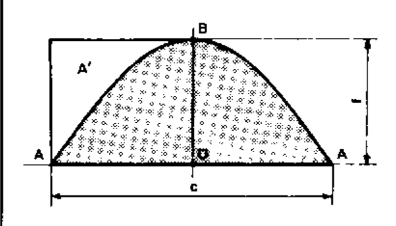
$A_3 = (R - r)^2 \text{ sen } \alpha \cos \alpha$ (triángulo 2'11').



Elipse

$A = \pi ab = 3{,}1416 \cdot ab$

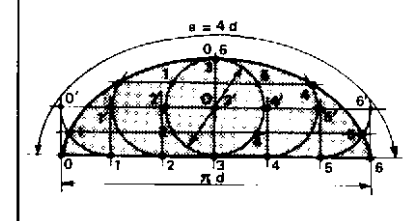
$A' = \left(1 - \frac{\pi}{4}\right) ab = 0{,}2146 \cdot ab$ (triángulo cóncavo).



Parábola

$A = \frac{2}{3} cf = 0{,}6667 \cdot cf$

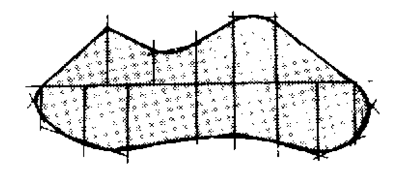
$A' = \frac{1}{6} cf = 0{,}1667 \cdot cf$ (triángulo cóncavo).



Ortocicloide

$A = \frac{3}{4} \pi d^2 = 2{,}3562 \cdot d^2$

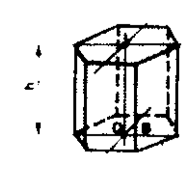
$A = 3\pi r^2 = 9{,}4248 \cdot r^2$



Superficie irregular

Se descompondrá la superficie en figuras poligonales de áreas conocidas, principalmente en triángulos, paralelogramos y trapecios, siendo la suma de las áreas parciales el área de la superficie irregular.

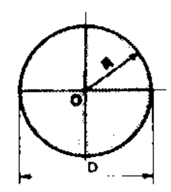
Áreas de cuerpo geométricos	ÁREA LATERAL DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS PRISMA, CILINDRO, CONO, ESFERA Y ANILLO	TABLA 12 . 1



Prisma recto

$A = Ph$

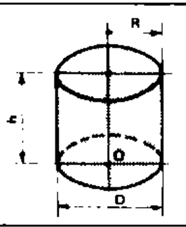
(P – perímetro de la base)



Esfera

$A = \pi D^2 = 4\pi R^2$

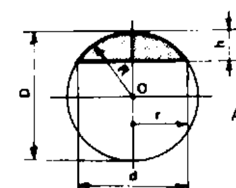
$= 3{,}1416 \cdot D^2$



Cilindro

$A = \pi Dh = 2\pi Rh$

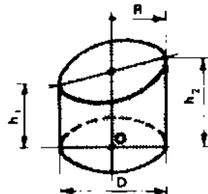
$= 3{,}1416 \cdot Dh$



Segmento esférico

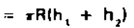
$A = 2\pi Rh$

$= \pi(r^2 + h^2)$

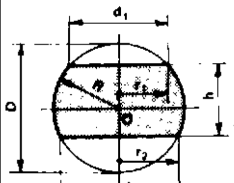


Cilindro truncado

$A = \pi D \left(\frac{h_1 + h_2}{2}\right)$



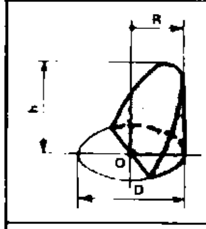
$= \pi R(h_1 + h_2)$



Zona esférica

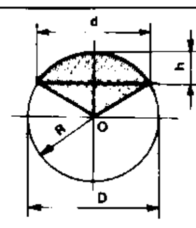
$A = \pi Dh$

$= 2\pi Rh$



Cuña cilíndrica

$A = hD = 2hR$

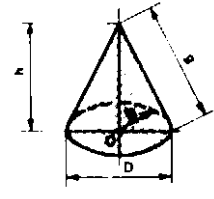


Sector esférico

$A = \pi R \frac{d}{2}$

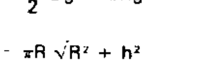
$A_t = \pi R \left(2h + \frac{d}{2}\right)$

(A_t, área total)

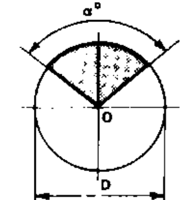


Cono

$A = \frac{\pi}{2} Dg = \pi Rg$



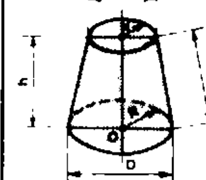
$= \pi R \sqrt{R^2 + h^2}$



Huso esférico (cuña)

$A = \pi D^2 \frac{\alpha°}{360°}$

$= \pi R^2 \frac{\alpha°}{90°}$



Tronco de cono

$A = \pi g (R + r)$

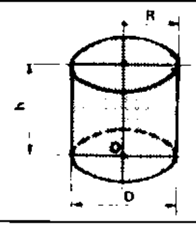
$g = \sqrt{h^2 + (R - r)^2}$

Toro o anillo cilíndrico

$A = \pi^2 Dd$

$= 4\pi^2 Rr$

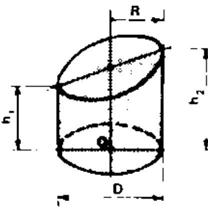
VOLUMEN DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS
CUERPOS CILÍNDRICOS Y CÓNICOS



Cilindro

$$V = \frac{\pi}{4} hD^2 = 0{,}7854 \cdot hD^2$$

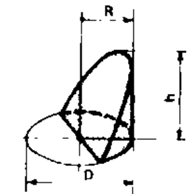
$$V = \pi hR^2 = 3{,}1416 \cdot hR^2$$



Cilindro truncado

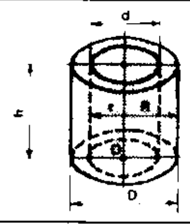
$$V = \frac{\pi}{4} D^2 \frac{h_1 + h_2}{2} = 0{,}3927 \cdot D^2 (h_1 + h_2)$$

$$V = \pi R^2 \frac{h_1 + h_2}{2} = 1{,}5708 \cdot R^2 (h_1 + h_2)$$



Cuña cilíndrica

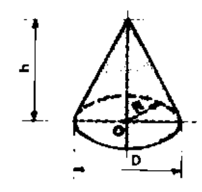
$$V = \frac{2}{3} hR^2 = 0{,}6667 \cdot hR^2$$



Anillo cilíndrico (cilindro hueco)

$$V = \frac{\pi}{4} h (D^2 - d^2) = 0{,}7854 \cdot h (D^2 - d^2)$$

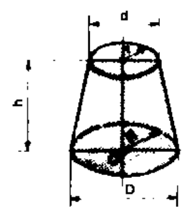
$$V = \pi h (R^2 - r^2) = 3{,}1416 \cdot h (R^2 - r^2)$$



Cono circular

$$V = \frac{\pi}{12} h D^2 = 0{,}2618 \cdot hD^2$$

$$V = \frac{\pi}{3} h r^2 = 1{,}0472 \cdot hr^2$$

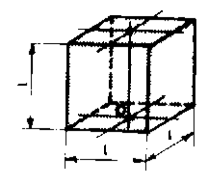


Tronco de cono

$$V = \frac{\pi}{12} h (D^2 + d^2 + Dd) = 0{,}2618 \cdot h (D^2 + d^2 + Dd)$$

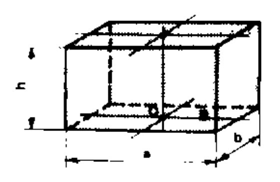
$$V = \frac{\pi}{3} h (R^2 + r^2 + Rr) = 1{,}0472 \cdot h (R^2 + r^2 + Rr)$$

VOLUMEN DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS
CUERPOS PRISMÁTICOS Y PIRAMIDALES



Cubo

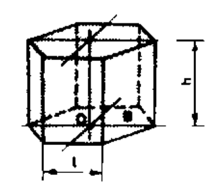
$V = l^3$



Prisma recto

$V = abh$

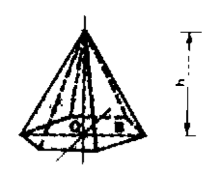
$V = Bh$ (B = área de la base)



Prisma exagonal regular

$V = \frac{3\sqrt{3}}{2} hl^2 = 2{,}5981 \cdot hl^2$

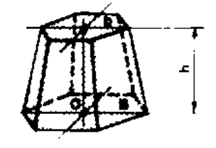
$V = Bh$ (B = área de la base)



Pirámide

$V = \frac{h}{3} B = 0{,}3333 \cdot hB$

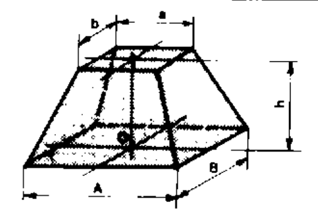
(B = área de la base)



Tronco de pirámide

$V = \frac{h}{3} (B + b + \sqrt{Bb} = 0{,}3333 \cdot h (B + b + \sqrt{Bb})$

(B = área de la base inferior, b = área de la base superior).



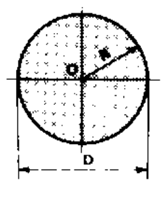
Obelisco

$V = \frac{h}{6} ((2A + a)B + (2a + A)b)$

$= 0{,}1667 \cdot h[AB(A + a) (B + b) + ab]$

VOLUMEN DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS

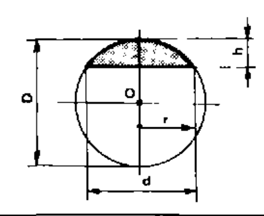
CUERPOS ESFÉRICOS



Esfera

$$V = \frac{\pi}{6} D^3 = 0{,}5236 \cdot D^3$$

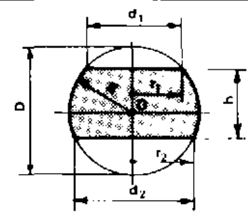
$$V = \frac{4\pi}{3} R^3 = 4{,}18879 \cdot R^3$$



Segmento esférico (casquete)

$$V = \frac{\pi}{6} h \left(\frac{3}{4} d^2 + h^2 \right) = 0{,}5236 \cdot h(0{,}75\, d^2 + h^2)$$

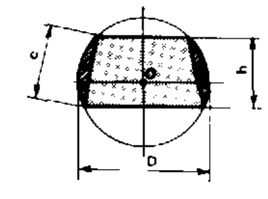
$$V = \frac{\pi}{3} h^2 (3r - h) = 1{,}0472 \cdot h^2 (3r - h)$$



Zona esférica (segmento)

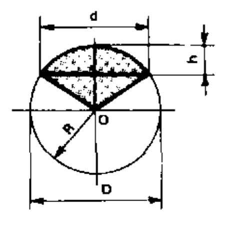
$$V = \frac{\pi h}{6} \left(\frac{3}{4} d_1^2 + \frac{3}{4} d_2^2 + h^2 \right) = 0{,}5236 \cdot h \left(0{,}75(d_1^2 + d_2^2) + h^2 \right)$$

$$V = \frac{\pi h}{6} (3r_1^2 + 3r_2^2 + h^2) = 0{,}5236 \cdot h \left(3(d_1^2 + d_2^2) + h^2 \right)$$



Anillo esférico

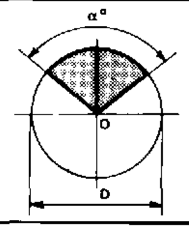
$$V = \frac{\pi}{6} h c^2 = 0{,}5236 \cdot hc^2$$



Sector esférico

$$V = \frac{\pi}{6} hD^2 = 0{,}5236 \cdot hD^2$$

$$V = \frac{2\pi}{3} hR^2 = 2{,}0944 \cdot hR^2$$



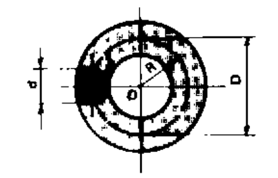
Cuña esférica

$$V = \frac{\pi}{6} \frac{\alpha^\circ}{360^\circ} D^3 = 0{,}0014544 \cdot \alpha^\circ D^3$$

$$V = \frac{4\pi}{3} \frac{\alpha^\circ}{360^\circ} r^3 = 0{,}011636 \cdot \alpha^\circ \cdot r^3$$

VOLUMEN DE SÓLIDOS GEOMÉTRICOS

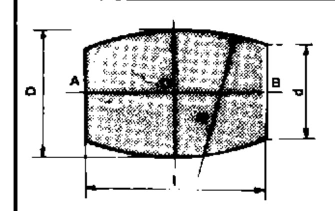
CUERPOS DIVERSOS



Toro o anillo circular

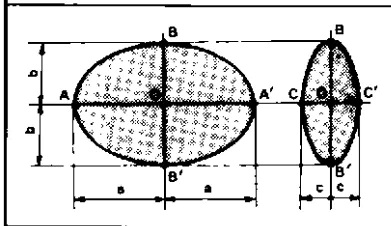
$$V = \frac{\pi^2}{4} Dd^2 = 2,4674 \cdot Dd^2$$

$$V = 2\pi^2 Rr^2 = 19,7392 \cdot Rr^2$$



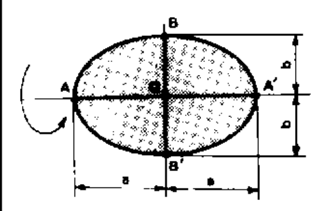
Tonel
(curvatura circular)

$$V \approx \frac{\pi}{12} l\,(2D^2 + d^2) \approx 0,2618 \cdot l\,(2D^2 + d^2)$$



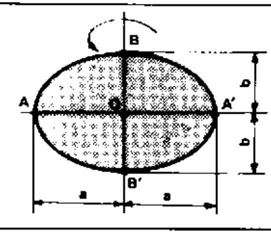
Elipsoide

$$V = \frac{4\pi}{3} abc = 4,1888 \cdot abc$$



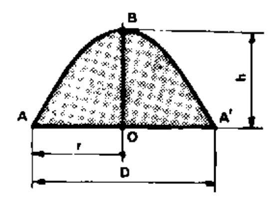
Elipsoide de revolución
Eje de giro A-A'

$$V = \frac{4\pi}{3} ab^2 = 4,1888 \cdot ab^2$$



Elipsoide de revolución
Eje de giro B-B'

$$V = \frac{4\pi}{3} a^2b = 4,1888 \cdot a^2b$$



Paraboloide de revolución

$$V = \frac{\pi}{8} hD^2 = 0,3927 \cdot hD^2$$

$$V = \frac{\pi}{2} hr^2 = 1,5708 \cdot hr^2$$

SECCIÓN SEGUNDA

SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES, S.I.

Unidades fundamentales	***SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES, S.I*** ***Unidades fundamentales***	**TABLA 1 . 2**

UNIDADES Y SIMBOLOS

En 1960 la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) responsable internacional de los asuntos concernientes al sistema, adoptó el Sistema Internacional de Unidades de Medidad, denominado S.I., que es de uso legal en España.

En el sistema S.I. adoptado figuraban como unidades fundamentales las seis siguientes:

	Unidad	Símbolo
Longitud *Definición:* El metro es la longitud igual a 1.650.763,73 longitudes de onda, en el vacío, de la radiación correspondiente a la transición entre los niveles 2_{p10} y $5d_5$ de átomo de cripton 86.	metro	m
Masa *Definición:* El kilogramo masa es la masa del protrotipo de platino iridiado, sancionado por la III Conferencia General de Pesas y Medidas en 1901 y depositado en el Pabellón de Breteuil de Sévres.	kilogramo	Kg
Tiempo *Definición:* El segundo es la duración de 9.192.631,270 periodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.	segundo	s
Intensidad de corriente eléctrica *Definición:* El amperio es la intensidad de una corriente eléctrica constante que, mantenida en dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y colocados en el vacío a una distancia de un metro uno de otro, produce entre estos dos conductores una fuerza igual a 2.10^{-7} newton por metro de longitud.	amperio	A
Temperatura termodinámica *Definición:* El kelvin, unidad de temperatura termodinámica, es la fracción 1/273,16 de la temperatura termodinámica del punto triple del agua. Este mismo nombre y este mismo símbolo son utilizados para expresar un intervalo de temperatura. Un intervalo de temperatura puede ambién expresarse en grados Celsius °C.	kelvin	°K
Intensidad luminosa *Definición:* La candela es la intensidad luminosa, en la dirección perpendicular, de una superficie de 1/600.000 metro cuadrado de un cuerpo negro a la temperatura de congelación del platino, bajo la presión de 101325 pascales.	candela	cd

En 1971 la CGPM adoptó otra unidad fundamental de medida, la mol, cantidad de substancia.

Cantidad de substancia *Definición:* La mol es la cantidad de substancia en un sistema en el que existen tantas partículas elementales como átomos hay en 0,012 kg. de carbono 12. Deberá especificarse las párticulas elementales a que se refiere, átomos, moléculas, electrónes o cualquier otra partícula o agrupaciones específicas de partículas.	mol	mol

MÚLTIPLOS Y SUBMÚLTIPLOS

Los nombres de los múltiplos y submúltiplos de estas unidades se forman mediante el empleo de los prefijos siguientes:

Factor por el cual ha de multiplicarse la unidad		*Prefijo*	*Símbolo*	*Factor por el cual ha de multiplicarse la unidad*		*Prefijo*	*Símbolo*
1.000.000.000.000.000.000 =	10^{18}	exa	E	0,1 =	10^{-1}	deci	d
1.000.000.000.000.000 =	10^{15}	peta	P	0,01 =	10^{-2}	centi	c
1.000.000.000.000 =	10^{12}	tera	T	0,001 =	10^{-3}	mili	m
1.000.000.000 =	10^{9}	giga	G	0,000.001 =	10^{-6}	micro	µ
1.000.000 =	10^{6}	mega	M	0.000.000.001 =	10^{-9}	nano	n
1.000 =	10^{3}	kilo	k	0,000.000.000.001 =	10^{-12}	pico	p
100 =	10^{2}	hecto	h	0,000.000.000.000.001 =	10^{-15}	femto	f
10 =	10^{1}	deca	da	0,000.000.000.000.000.001 =	10^{-18}	atto	a

Por cada unidad sólo puede emplearse un prefijo. No son correctos los prefijos compuestos.

Nota.— Sistemas métrico decimal y anglosajón, en las págs. 542 y 543.

UNIDADES SUPLEMENTARIAS Y DERIVADAS

El cuadro de unidades suplementarias y derivadas, es el siguiente:

Magnitud	*Unidad*	*Símbolo*	*Expresión en otras unidades S.I.*
Unidades suplementarias			
Angulo plano	radián	rad	
Angulo sólido	estereorradián	sr	
Unidades derivadas			
Superficie	metro cuadrado	m^2	
Volumen	metro cúbico	m^3	
Frecuencia	hertz	Hz	l/s
Densidad	kilogramo por metro cúbico	kg/m^3	
Velocidad	metro por segundo	m/s	
Velocidad angular	radián por segundo	rad/s	
Aceleración	metro por segundo cuadrado	m/s^2	
Aceleración angular	radián por segundo cuadrado	rad/s^2	
Fuerza	newton	N	
Presión (tensión mecánica)	pascal	Pa	N/m^2
Viscosidad cinemática	metro cuadrado por segundo	m^2/s	
Viscosidad dinámica	pascal segundo	Pa.s	$N.s/m^2$
Trabajo, energía, cantidad de calor	julio	J	N.m
Potencia	vatio	W	J/s
Cantidad de electricidad	culombio	C	A.s
Tensión eléctrica, diferencia de potencial, fuerza electromotriz	voltio	V	W/A
Intensidad de campo eléctrico	voltio por metro	V/m	
Resistencia eléctrica	ohmio	Ω	V/A
Conductancia eléctrica	siemens	S	A/V
Capacidad eléctrica	faradio	F	C/V
Flujo de inducción magnética	weber	Wb	V.s
Inductancia	henrio	H	Wb/A
Inducción magnética	tesla	T	Wb/m^2
Intensidad de campo magnético	amperio por metro	A/m	
Fuerza magnetomotriz	amperio	A	
Flujo luminoso	lumen	lm	cd.sr
Luminancia	candela por metro cuadrado	cd/m^2	
Iluminancia	lux	lx	lm/m^2
Número de ondas	una onda por metro	l/m	
Entropía	julio por kelvin	J/K	
Calor másico	julio por kilogramo kelvin	J/(kg.K)	
Conductividad térmica	vatio por metro kelvin	W/(m.K)	
Intensidad energética	vatio por estereorradián	W/sr	
Actividada (de una fuente radiactiva)	una desintegración por segundo	l/s	

SISTEMA ANGLOSAJÓN

El sistema anglosajón está basado en la yarda, la libra y el segundo. La yarda generalmente está substituida por su tercera parte, el pie (foot). La libra (pound) es definida como la masa de un lingote de platino de dimensiones específicas. La unidad de tiempo, el segundo, corresponde con el definido internacionalmente.

1 Yarda = 3 pies = 36 pulgadas; 1 pie = 12 pulgadas

Tiene sanción legal para el comercio en Gran Bretaña, Estados Unidos de América y Continente Europeo, el valor redondeado de la pulgada:

1 pulgada = 25,4 mm.

También son relaciones legales:

1 libra = 0,453.592.43 kg.
1 Galón imperial = 4,545.963.1 litros

Unidades derivadas	***UNIDADES BÁSICAS, MÉTRICAS Y ANGLOSAJONAS***				TABLA 3 . 2
UNIDADES METRICAS			**UNIDADES ANGLOSAJONAS**		
Medidas lineales					
1 Milímetro (1 mm)			1 Pulgada		
1 Centímetro (1 cm)	=	10 milímetros	1 Pie	=	12 pulgadas
1 Decímetro (dm)	=	10 centímetros	1 Yarda	=	3 pies
1 Metro (m)	=	10 decímetros	1 Pértica	=	5,5 yardas
1 Decámetro (Dm.)	=	10 metros	1 Cadena	=	4 pérticas
1 Hectómetro (Hm)	=	10 decámetros	1 Estadio	=	10 cadenas
1 Kilómetro (Km)	=	10 hectómetros	1 Milla	=	8 estadios
1 Miriámetro (Mm)	=	10 kilómetros	1 Cadena	=	100 eslabones
			1 Eslabón	=	7,92 pulgadas
También se utiliza:			1 Brazo	=	6 pies
1 Micra (μ = 0,001 milímetros			1 Longitud de cable	=	120 brazos
1 Angstrom (A) = 0,000 000 1 milímetros			1 Milla marítima	=	6080 pies
Medidas de superficie					
1 Milímetro cuadrado			1 Pulgada cuadrada		
1 Centímetro "	=	100 milímetros cuadrados	1 Pie "	=	144 pulgadas cuadradas
1 Decímetro "	=	100 centímetros "	1 Yarda "	=	9 pies "
1 Metro "	=	100 decímetros "	1 Pértica "	=	30,25 yardas "
1 Decámetro "	=	100 metros "	1 Rood "	=	40 pérticas "
1 Hectómetro "	=	100 decámetros "	1 Acre "	=	4 roods (10 cadenas cuadrad.
1 Kilómetro "	=	100 hectómetros "	1 Milla "	=	640 acres cuadrados
1 Miriámetro "	=	100 kilómetros "	1 Cadena "	=	16 pérticas (484 yardas cuad.
(Centiárea = 1 metro^2; área = 1 decámetro^2; hectárea = 1 hm^2).			1 Cuadrado (square)	=	100 pies cuadrados
Medidas de volumen y de capacidad					
1 Milímetro cúbico			1 Pulgada cúbica		
1 Centímetro "	=	1000 milímetros cúbicos	1 Pie cúbico	=	1728 pulgadas cúbicas
1 Decímetro "	=	1000 centímetros "	1 Yarda cúbica	=	27 pies cúbicos
1 Metro "	=	1000 decímetros "	1 Pinta	=	4 gills
1 Mililitro "			1 Cuarto	=	2 pintas
1 Centilitro "	=	10 mililitros	1 Galón imperial	=	4 cuartos (= 277,42 pulg.cúb)
1 Decilitro "	=	10 centilitros	1 Peck	=	2 galones
1 Litro "	=	10 decilitros	1 Bushel	=	4 pecks
1 Decalitro "	=	10 litros	1 Quarter	=	8 bushels
1 Hectolitro "	=	10 decalitros	1 Dracma fluido	=	60 mínimos
1 Kilolitro "	=	10 hectolitros	1 Onza fluida	=	8 dracmas fluidos
(1 decímetro cúbico = 1 litro)			1 Galón de E.E.U.U.	=	231 pulgadas cúbicas
Medidas de peso					
1 Miligramo			1 Dracma		
1 Centigramo	=	10 miligramos	1 Onza	=	16 dracmas
1 Decigramo	=	10 centigramos	1 Libra	=	16 onzas
1 Gramo	=	10 decigramos	1 Arroba	=	28 libras
1 Decagramo	=	10 gramos	1 Quintal	=	4 arrobas (= 112 libras)
1 Hectogramo	=	10 decagramos	1 Tonelada inglesa	=	20 quintales (2240 ")
1 Kilogramo	=	10 hectogramos	1 Stone	=	14 libras
1 Quintal	=	100 kilogramos	1 Libra	=	7000 gramos
1 Tonelada	=	1000 kilogramos	1 Grano		
			1 Kip	=	1000 libras
Nota.— Otros factores de conversión, en las págs. 544 y 545			1 Tonelada corta (E.E.U.U.)	=	2000 "
			1 Tonelada larga	=	2240 "

Unidades derivadas	EQUIVALENCIAS MÉTRICAS Y ANGLOSAJONAS	TABLA 4 . 2

TABLA I .– Medidas lineales.– Equivalencias (factores de conversión)

Kilómetros	Metros	Centímetros	Milímetros	Pulgadas	Pies	Yardas	Pérticas	Cadenas	Estadios	Millas	Millas marítimas
1	1000	100 000	1000 000	39370,1	3280,84	1093,61	198,839	49,7097	4,97097	0,621 37	0,538 61
0,001	1	100	1000	39,3701	3,280 84	1,093 61	0,198 839	0,0497097	0,00497097	0,00062137	
	0,01	1	10	0,393701	0,032 808 4	0,010 936 1					
	0,001	0,1	1	0,0393701	0,003 280 84	0,001 093 61					
	0,0254	2,54	25,4	1	0,083 333	0,027 7778					
	0,3048	30,48	304,8	12	1	0,333 333					
	0,9144	91,44	914,4	36	3	1	0,181 818				
0,005 0292	5,0292				16,5	5,5	1	0,25	0,025	0,003 125	
0,020 1168	20,1168			792	66	22	4	1	0,1	0,0125	
0,201 168	201,168				660	220	40	10	1	0,125	
1,609 344	1609,344				5280	1760	320	80	8	1	0,868 42
1,853 18	1853,18				6080	2026,675	368,4864	92,1216	9,212 16	1,151 52	1

TABLA II.– Medidas de superficie.– Equivalencias (factores de conversión)

Kilómetro cuadrado	Hectómetro cuadrado Hectárea	Metro cuadrado	Centímetro cuadrado	Milímetro cuadrado	Pulgada cuadrada	Pie cuadrado	Yarda cuadrada	Pértica cuadrada	Roods	Acres	Milla cuadrada
1	100	1.000000							988,42	247,105	0,386 101
0,01	1	10 000					11959,9	395,369	9,8842	2,47105	
	0,0001	1	10.000	1000 000	1550	10,763 9	1,195 99	0,039 5369	0,000 98842	0,000247 105	
		0,0001	1	100	0,155	0,001076 39	0,000119 6				
		0,000 001	0,01	1	0,00155						
		0,000 645 16	6,4516	645,16	1	0,006944 4	0,000 7716				
		0,092 903	929,03	92 903	144	1	0,111 111				
	0,0000083613	0,836 13	8361,3	836 130	1296	9	1	0,033 058	0,00082645	0,00020662	
	0,002529 29	25,292 9					30,25	1	0,025	0,006 25	
	0,101 171	1011,71					1210	40	1	0,25	
	0,404 686	4046,86					4840	160	4	1	
2,589,99	258,999	2 589 990					3 097 600	102.400	2560	640	1

TABLA III.– Medidas de volumen.– Equivalencias (factores de conversión)

Metro cúbico	Decímetro cúbico	Centímetro cúbico	Pulgada cúbica	Pie cúbico	Yarda cúbica	Onza Fluida	Pinta	Galón EE.UU.	Galón imperial	Pecks	Bushels
1	1000	1000 000		35,3147	1,30795			264,17	219,969	109,984	27,4961
	1	1000	61,024	0,035 314 7			1,759 75	0,264 171	0,219 969		
	0,001	1	0,061024			0,035 195					
		16,3871	1	0,000578		0,576 74					
	28,316 9		1728	1	0,037 037		49,851	7,480 56	6,228 8		
0,764 55	764,55		46 656	27	1			201,974	168,178	84,089	21,0223
		28,413	1,733 9			1					
	0,568 26			0,020 068			1	0,150 118	0,125		
0,003785 4			231		0,004 951 1			1	0,832 67	0,416 34	0,104 084
0,004546 1	4,546 09		277,42	0,160 544	0,005 9461		8	1,200 95	1	0,5	0,125
0,009 0922					0,011 6922			2,401 9	2	1	0,25
0,036 369					0,047 569			9,607 6	8	4	1

TABLA IV .– Unidades de peso.– Equivalencias (factores de conversión)

Tonelada	Kilogramo	Gramo	Grano	Onza	Libra	Arroba	Quintal	Tonelada inglesa	Tonelada corta (E.E. U.U.)
1	1000	1000000			2204,62	78,736	19,6841	0,984 21	1,102 31
0,001	1	1000			2,204 62	0,078 736			
	0,001	1	15,432 4	0,035 274					
		0,064 799	1	0,002 285 7					
		28,3495	437,5	1	0,0625				
	0,453 592		7000	16	1	0,035 7143	0,008 928	0,000 446	0,000 5
	12,7006				28	1			
0,050 802	50,802				112	4	1	0,05	0,056
1,016 05	1016,05				2240	80	20	1	1,12
0,907 18	907,18				2000		17,857 1	0,892 86	1

NOTA.– Las relaciones de una medida con otras, se expresa en la fila horizontal donde la primera figura como unidad.

Unidades derivadas	*CONVERSIÓN DE FRACCIONES DE PULGADA EN MILÍMETROS Y MILÍMETROS EN DECIMALES DE PULGADA*	TABLA 5 . 2

Conversión de fracciones de pulgada en decimales de pulgada y de milímetros

Decimal de pulg.	*Fracción de pulg.*		*Decimal de mm.*	*Decimal de pulg.*	*Fracción de pulg.*		*Decimal de mm.*
0,015625	1/64		0,3969	0,515625	33/64		13,0969
0,03125		1/32	0,7938	0,53125		17/32	13,4938
0,046875	3/64		1,1906	0,546875	35/64		13,8906
0,0625		1/16	1,5875	0,5625		9/16	14,2875
0,078125	5/64		1,9844	0,578125	37/64		14,6844
0,09375		3/32	2,3813	0,59375		19/32	15,0813
0,109375	7/64		2,7781	0,609375	39/64		15,4781
0,125		1/8	3,175	0,625		5/8	15,875
0,140625	9/64		3,5719	0,640625	41/64		16,2719
0,15625		5/32	3,9688	0,65625		21/32	16,6688
0,171875	11/64		4,3656	0,671875	43/64		17,0656
0,1875		3/16	4,7625	0,6875		11/16	17,4625
0,203125	13/64		5,1594	0,703125	45/64		17,8594
0,21875		7/32	5,5563	0,71875		23/32	18,2563
0,234375	15/64		5,9531	0,734375	47/64		18,6531
0,25		1/4	6,35	0,75		3/4	19,05
0,265625	17/64		6,7469	0,765625	49/64		19,4469
0,28125		9/32	7,1438	0,78125		25/32	19,8438
0,296875	19/64		7,5406	0,796875	51/64		20,2406
0,3125		5/16	7,9375	0,8125		13/16	20,6375
0,328125	21/64		8,3344	0,828125	53/64		21,0344
0,34375		11/32	8,7313	0,84375		27/32	21,4313
0,359375	23/64		9,1281	0,859375	55/64		21,8281
0,375		3/8	9,525	0,875		7/8	22,225
0,390625	25/64		9,9219	0,890625	57/64		22,6219
0,40625		13/32	10,3188	0,90625		29/32	23,0188
0,421875	27/64		10,7156	0,921875	59/64		23,4156
0,4375		7/16	11,1125	0,9375		15/16	23,8125
0,453125	29/64		11,5094	0,953125	61/64		24,2094
0,46875		15/32	11,9063	0,96875		31/32	24,6063
0,484375	31/64		12,3031	0,984375	63/64		25,0031
0,50		1/2	12,7	1,00		1	25,4

Conversión de fracciones decimales de pulgada en milímetros

Pulgadas	*mm.*	*Pulgadas*	*mm.*	*Pulgadas*	*mm.*	*Pulgadas*	*mm.*	*Pulgadas*	*mm.*
0,0001	0,00254	0,00085	0,02159	0,007	0,1778	0,055	1,397	0,4	10,16
0,00015	0,00381	0,0009	0,02286	0,0075	0,1905	0,06	1,524	0,45	11,43
0,0002	0,00508	0,00095	0,02413	0,008	0,2032	0,065	1,651	0,5	12,70
0,00025	0,00635	0,001	0,0254	0,0085	0,2159	0,07	1,778	0,55	13,97
0,0003	0,00762	0,0015	0,0381	0,009	0,2286	0,075	1,905	0,6	15,24
0,00035	0,00889	0,002	0,0508	0,0095	0,2413	0,08	2,032	0,65	16,51
0,0004	0,01016	0,0025	0,0635	0,01	0,254	0,085	2,159	0,7	17,78
0,00045	0,01143	0,003	0,0762	0,015	0,381	0,09	2,286	0,75	19,05
0,0005	0,01270	0,0035	0,0889	0,02	0,508	0,095	2,413	0,8	20,32
0,00055	0,01397	0,004	0,1016	0,025	0,635	0,1	2,54	0,85	21,59
0,0006	0,01524	0,0045	0,1143	0,03	0,762	0,15	3,81	0,9	22,86
0,00065	0,01651	0,005	0,1270	0,035	0,889	0,2	5,08	0,95	24,13
0,0007	0,01778	0,0055	0,1397	0,04	1,016	0,25	6,35	1,0	25,40
0,00075	0,01905	0,006	0,1524	0,045	1,143	0,3	7,62		
0,0008	0,02032	0,0065	0,1651	0,005	1,270	0,35	8,89		

Conversión de milímetros en pulgadas (0 a 99 mm.).

Mm	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0.	*0,00*	*0,039370*	*0,078740*	*0,118110*	*0,157480*	*0,196850*	*0,236221*	*0,275591*	*0,314961*	*0,354331*
1.	*0,393101*	*0,433071*	*0,472441*	*0,511811*	*0,551181*	*0,590551*	*0,629921*	*0,669291*	*0,708661*	*0,748032*
2.	*0,787402*	*0,826772*	*0,866142*	*0,905512*	*0,944882*	*0,984252*	*1,023622*	*1,062992*	*1,102362*	*1,141732*
3.	*1,181102*	*1,220472*	*1,259443*	*1,299213*	*1,338583*	*1,377953*	*1,417323*	*1,456693*	*1,496063*	*1,535433*
4.	*1,574803*	*1,614173*	*1,653543*	*1,692913*	*1,732283*	*1,771654*	*1,811024*	*1,850394*	*1,889764*	*1,929134*
5.	*1,968504*	*2,007874*	*2,047244*	*2,086614*	*2,125984*	*2,165534*	*2,204724*	*2,244095*	*2,283465*	*2,322835*
6.	*2,362205*	*2,401575*	*2,440945*	*2,480315*	*2,519685*	*2,559055*	*2,598425*	*2,637795*	*2,677165*	*2,716535*
7.	*2,755906*	*2,795276*	*2,834645*	*2,874016*	*2,913386*	*2,952756*	*2,992126*	*3,031496*	*3,070866*	*3,110236*
8.	*3,149606*	*3,188976*	*3,228346*	*3,267717*	*3,307087*	*3,346457*	*3,385827*	*3,425197*	*3,464567*	*3,503937*
9.	*3,543307*	*3,582677*	*3,622047*	*3,661417*	*3,700787*	*3,740158*	*3,779528*	*3,818898*	*3,858268*	*3,897638*

Nota. Otras tablas de conversión, en las págs 580 a 597.

Unidades derivadas	CONVERSIÓN DE PULGADAS Y FRACCIONES EN MILÍMETROS (DE 0 A 10 PULGADAS)	TABLA 6 . 2

Conversión de pulgadas y fracciones en milímetros. — 1 Pulgada = 25,4 mm.

Pulgadas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0,00	0,00	25,4000	50,8000	76,2000	101,6000	127,0000	152,4000	177,8000	203,2000	228,6000
1/64	0,3969	25,7969	51,1969	76,5969	101,9969	127,3969	152,7969	178,1969	203,5969	228,9969
1/32	0,7938	26,1938	51,5938	76,9938	102,3938	127,7938	153,1938	178,5938	203,9938	229,3938
3/64	1,1906	26,5906	51,9906	77,3906	102,7906	128,1906	153,5906	178,9906	204,3906	229,7906
1/16	1,5875	26,9875	52,3875	77,7875	103,1875	128,5875	153,9875	179,3875	204,7875	230,1875
5/64	1,9844	27,3844	52,7844	78,1844	103,5844	128,9844	154,3844	179,7844	205,1844	230,5844
3/32	2,3812	27,7812	53,1812	78,5812	103,9812	129,3812	154,7812	180,1812	205,5812	230,9812
7/64	2,7781	28,1781	53,5781	78,9781	104,3781	129,7781	155,1781	180,5781	205,9781	231,3781
1/8	3,1750	28,5750	53,9750	79,3750	104,7750	130,1750	155,5750	180,9750	206,3750	231,7750
9/64	3,5719	28,9719	54,3719	79,7719	105,1719	130,5719	155,9719	181,3719	206,7719	232,1719
5/32	3,9688	29,3688	54,7688	80,1688	105,5688	130,9688	156,3688	181,7688	207,1688	232,5688
11/64	4,3656	29,7656	55,1656	80,5656	105,9656	131,3656	156,7656	182,1656	207,5656	232,9656
3/16	4,7625	30,1625	55,5625	80,9625	106,3625	131,7625	157,1625	182,5625	207,9625	233,3625
13/64	5,1594	30,5594	55,9594	81,3594	106,7594	132,1594	157,5594	182,9594	208,3594	233,7594
7/32	5,5562	30,9562	56,3562	81,7562	107,1562	132,5562	157,9562	183,3562	208,7562	234,1562
15/64	5,9531	31,3531	56,7531	82,1531	107,5531	132,9531	158,3531	183,7531	209,1531	234,5531
1/4	6,3500	31,7500	57,1500	82,5500	107,9500	133,3500	158,7500	184,1500	209,5500	234,9500
17/64	6,7469	32,1469	57,5469	82,9469	108,3469	133,7469	159,1469	184,5469	209,9469	235,3469
9/32	7,1438	32,5438	57,9438	83,3438	108,7438	134,1438	159,5438	184,9438	210,3438	235,7438
19/64	7,5406	32,9406	58,3406	83,7406	109,1406	134,5406	159,9406	185,3406	210,7406	136,1406
5/16	7,9375	33,3375	58,7375	84,1375	109,5375	134,9375	160,3375	185,7375	211,1375	236,5375
21/64	8,3344	33,7344	59,1344	84,5344	109,9344	135,3344	160,7344	186,1344	211,5344	236,9344
11/32	8,7312	34,1312	59,5312	84,9312	110,3312	135,7312	161,1312	186,5312	211,9312	237,3312
23/64	9,1281	34,5281	59,9281	85,3281	110,7281	136,1281	161,5281	186,9281	212,3281	237,7281
3/8	9,5250	34,9250	60,3250	85,7250	111,1250	136,5250	161,9250	187,3250	212,7250	238,1250
25/64	9,9219	35,3219	60,7219	86,1219	111,5219	136,9219	162,3219	187,7219	213,1219	238,5219
13/32	10,3188	35,7188	61,1188	86,5188	111,9188	137,3188	162,7188	188,1188	213,5188	238,9188
27/64	10,7156	36,1156	61,5156	86,9156	112,3156	137,7156	163,1156	188,5156	213,9156	239,3156
7/16	11,1125	36,5125	61,9125	87,3125	112,7125	138,1125	163,5125	188,9125	214,3125	239,7125
29/64	11,5094	36,9094	62,3094	87,7094	113,1094	138,5094	163,9094	189,3094	214,7094	240,1094
15/32	11,9062	37,3062	62,7062	88,1062	113,5062	138,9062	164,3062	189,7062	215,1062	240,5062
31/64	12,3031	37,7031	63,1031	88,5031	113,9031	139,3031	164,7031	190,1031	215,5031	240,9031
1/2	12,7000	38,1000	63,5000	88,9000	114,3000	139,7000	165,1000	190,5000	215,9000	241,3000
33/64	13,0969	38,4969	63,8969	89,2969	114,6969	140,0969	165,4969	190,8969	216,2969	241,6969
17/32	13,4938	38,8938	64,2938	89,6938	115,0938	140,4938	165,8938	191,2938	216,6938	242,0938
35/64	13,8906	39,2906	64,6906	90,0906	115,4906	140,8906	166,2906	191,6906	217,0906	242,4906
9/16	14,2875	39,6875	65,0875	90,4875	115,8875	141,2875	166,6875	192,0875	217,4875	242,8875
37/64	14,6844	40,0844	65,4844	90,8844	116,2844	141,6844	167,0844	192,4844	217,8844	243,2844
19/32	15,0812	40,4812	65,8812	91,2812	116,6812	142,0812	167,4812	192,8812	218,2812	243,6812
39/64	15,4781	40,8781	66,2781	91,6781	117,0781	142,4781	167,8781	193,2781	218,6781	244,0781
5/8	15,8750	41,2750	66,6750	92,0750	117,4750	142,8750	168,2750	193,6750	219,0750	244,4750
41/64	16,2719	41,6719	67,0719	92,4719	117,8719	143,2719	168,6719	194,0719	219,4719	244,8719
21/32	16,6688	42,0688	67,4688	92,8688	118,2688	143,6688	169,0688	194,4688	219,8688	245,2688
43/64	17,0656	42,4656	67,8656	93,2656	118,6656	144,0656	169,4656	194,8656	220,2656	245,6656
11/16	17,4625	42,8625	68,2625	93,6625	119,0625	144,4625	169,8625	195,2625	220,6625	246,0625
45/64	17,8594	43,2594	68,6594	94,0594	119,4594	144,8594	170,2594	195,6594	221,0594	246,4594
23/32	18,2562	43,6562	69,0562	94,4562	119,8562	145,2562	170,6562	196,0562	221,4562	246,8562
47/64	18,6531	44,0531	69,4531	94,8531	120,2531	145,6531	171,0531	196,4531	221,8531	247,2531
3/4	19,0500	44,4500	69,8500	95,2500	120,6500	146,0500	171,4500	196,8500	222,2500	247,6500
49/64	19,4469	44,8469	70,2469	95,6469	121,0469	146,4469	171,8469	197,2469	222,6469	248,0469
25/32	19,8438	45,2438	70,6438	96,0438	121,4438	146,8438	172,2438	197,6438	223,0438	248,4438
51/64	20,2406	45,6406	71,0406	96,4406	121,8406	147,2406	172,6406	198,0406	223,4406	248,8406
13/16	20,6375	46,0375	71,4375	96,8375	122,2375	147,6375	173,0375	198,4375	223,8375	249,2375
53/64	21,0344	46,4344	71,8344	97,2344	122,6344	148,0344	173,4344	198,8344	224,2344	249,6344
27/32	21,4312	46,8312	72,2312	97,6312	123,0312	148,4312	173,8312	199,2312	224,6312	250,0312
55/64	21,8281	47,2281	72,6281	98,0281	123,4281	148,8281	174,2281	199,6281	225,0281	250,4281
7/8	22,2250	47,6250	73,0250	98,4250	123,8250	149,2250	174,6250	200,0250	225,4250	250,8250
57/64	22,6219	48,0219	73,4219	98,8219	124,2219	149,6219	175,0219	200,4219	225,8219	251,2219
29/32	23,0188	48,4188	73,8188	99,2188	124,6188	150,0188	175,4188	200,8188	226,2188	251,6188
59/64	23,4156	48,8156	74,2156	99,6156	125,0156	150,4156	175,8156	201,2156	226,6156	252,0156
15/16	23,8125	49,2125	74,6125	100,0125	125,4125	150,8125	176,2125	201,6125	227,0125	252,4125
61/64	24,2094	49,6094	75,0094	100,4094	125,8094	151,2094	176,6094	202,0094	227,4094	252,8094
31/32	24,6062	50,0062	75,4062	100,8062	126,2062	151,6062	177,0062	202,4062	227,8062	253,2062
63/64	25,0031	50,4031	75,8031	101,2031	126,6031	152,0031	177,4031	202,8031	228,2031	253,6031
1 pulg. +	25,4000	50,8000	76,2000	101,6000	127,0000	152,4000	177,8000	203,2000	228,6000	254,0000

Unidades fundamentales	FRECUENCIA, TIEMPO, LUZ, SONIDO

Frecuencia

Frecuencia es una magnitud física, relativa a los fenómenos periódicos, que representa el número de períodos verificados en la unidad de tiempo. La unidad de medida de la frecuencia es el hertz (Hz), igual a un ciclo por segundo; se indica en hertzios el número de veces que un fenómeno periódico se repite en un segundo.

1 Hz = 1 c/seg.

Tiempo

Tiempo es la duración de las cosas sujetas a mudanza; se mide por el movimiento uniforme de un astro que recorre el Ecuador celeste.

Año es el tiempo que transcurre durante una revolución real de la Tierra en su órbita alrededor del Sol; el año medio a, es de 365,2422 días solares medios.

El día d se divide en 24 horas; 1 año a = 8765,8128 horas.

La hora h se divide en 60 minutos; 1 día d = 1440 m; 1 año a = 525948,768 m.

El minuto m se divide en 60 segundos; 1 hora h = 3600 s; 1 día d = 86400 s; 1 año a = 31556926,08 s.

El segundo, como unidad fundamental, está definido en la Tabla 1.2.

Luz

La luz es un agente físico que hace visibles los objetos; es la claridad que irradian los cuerpos en combustión; ignición o incandescencia.

La luz blanca del sol se descompone en siete rayos, que son de color: rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul, añil y violado.

La velocidad de la luz, en el vacío es $c = 2{,}99778 \times 10^8$ m/s = 299778 km/s (≈ 300 000 km/s).

La velocidad de la luz por hora, es $c_h = 107{,}92008 \times 10^{10}$ m = 1079 200 800 km.

La velocidad de la luz por día, es $c_d = 2590{,}08192 \times 10^{10}$ m = 25 900 819 200 km.

La velocidad de la luz por año, es $c_a = 946007{,}2186 \times 10^{10}$ m = 9460 072 186 000 km.

Un año luz = $9{,}46 \times 10^{12}$ km, espacio que la luz recorre, en el vacío, en un año solar medio, magnitud que normalmente es utilizada para expresar distancias astronómicas.

Sonido

El sonido es un agente físico que se manifiesta en forma de energía vibratoria, y que la causa de la sensación auditiva mientras que las vibraciones se mantengan dentro de ciertos límites. La frecuencia vibratoria auditiva es, aproximadamente, de 16 a 20 000 Hz, expresándose infrasonido para las vibraciones inferiores a 16 Hz, y ultrasonido cuando son superiores a 20 000 Hz.

La tonalidad del sonido es alta cuando la frecuencia acústica es elevada, y baja cuando lo es la frecuencia; la resonancia del sonido, es su prolongación a medida que va disminuyendo por grados.

Los movimientos oscilatorios del sonido se propagan por los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos con mayor o menor velocidad y frecuencia, que varía con la temperatura.

— Velocidades del sonido —

Cuerpos sólidos a 20°C

Acero	5050 m/s.	Níquel	4760 m/s.	Aire 0° C	331,8 m/s.
Aluminio	5240 m/s.	Plomo	1250 m/s.	" 10° C	338 m/s.
Caucho	54 m/s.	Vidrio	6000 m/s.	" 20° C	344 m/s.
Cobre	3580 m/s.	*Aire*		" 40° C	355 m/s.
Ladrillo	3600 m/s.	– 100° C	263 m/s.	" 100° C	387 m/s.
Latón	3200 m/s.	– 60° C	293 m/s.	Agua a 0°C, 1390 m/s	
Maderas secas	3300-4100 m/s.	– 20° C	319 m/s.	Agua a 20°C, 1440 m/s	

La unidad de medida del sonido es el belio, utilizándose generalmente el decibelio.

Referencia de áreas de efectos acústicos y niveles en decibelios:

Silencio	Murmullo de las hojas de los árboles,	10 decibelios	De peligro	Taller de ruido medio,	80 decibelios
	Ruido sordo del fondo de un piso,	20 decibelios		Taller ruidoso,	90 decibelios
	Televisión a bajo volumén,	40 decibelios		Paso del tren por un túnel	100 decibelios
Seguridad	Conversación en voz baja,	50 decibelios	Peligroso	Perforando roca dura	110 decibelios
	Conversación en voz normal,	60 decibelios		Cañonazo,	120 decibelios
	Sonidos callejeros,	70 decibelios		Motor de reactor,	130 decibelios

MASA, PESO Y ACELERACIÓN

Masa

Masa, m, es la cantidad de materia que contiene un cuerpo, siendo materia una substancia impenetrable capaz de recibir toda clase de formas, independientemente de la posición que ocupa.

La unidad de masa, 1 Kg, es la masa del kilogramo-prototipo de platino iridiado, que se conserva en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, de Sévres (París).

Según el estado de cohesión molecular de la materia, ésta será sólida con forma y volumen propio cuando la cohesión es positiva, líquida adoptando la forma del recipiente que la contiene cuando la cohesión es indiferente, y gasesosa tendiendo a expandirse y a ocupar todo lugar libre cuando la cohesión es negativa.

Peso

Peso, G, o fuerza, P, es el efecto de presión que se percibe al ponerse en contacto o suspender un cuerpo; este efecto, es consecuencia de la fuerza de gravitación terrestre ejercida sobre la materia contenida en el cuerpo.

La unidad de peso o de fuerza, 1 kg, es la correspondiente a la ejercida por la gravedad, sobre el kilogramo-prototipo que se conserva en la Oficina de Pesas y Medidas de Sévres.

$$\text{Peso, } G = \frac{m}{g} \left(= \frac{\text{masa}}{\text{gravedad}}\right)$$

La unidad de peso en el Sistema Anglosajón, es la libra; la relación entre el kilogramo y la libra es:
1 kilogramo = 2,20462233 libras; 1 libra = 0,45359243 kilogramos.

Aceleración

Aceleración, a, es la variación uniforme de la velocidad de un cuerpo en movimiento en la unidad de tiempo (Movimiento, pág. 112).

La unidad de aceleración, a, es 1 cm/seg^2, que en Geofisica se denomina gal (de Galileo), o el metro por segundo cuadrado, m/s^2 ; la angular el radian por segundo cuadrado, 1 rad/seg.^{2} .

La acción de la gravedad terrestre, así como la rotación terrestre, imprimen a la masa de los cuerpos, una aceleración g, dirigida (aproximadamente) hacia el centro de la tierra, de valor variable en función de la latitud, fijada por la Unión Internacional de Geodesia y Geográfica, en:

$$g = 9{,}780490\ (1 + 0{,}0052884,\ \text{sen}\ \varphi - 0{,}000005\ 9\ \text{sen}^2\ 2\varphi),$$

al nivel del mar.

Las variaciones de g, con la latitud, son las siguientes:

Latitud φ	*g (m/seg²)*	*Latitud* φ	*g (m/seg²)*
0° (ecuador)	9,78049	50°	9,81071
10°	9,78195	60°	9,81918
20°	9,78641	70°	9,82608
30°	9,79329	80°	9,83059
40°	9,80171	90° (polos)	9,83217

El valor normal de la aceleración de la gravedad, g_n, por acuerdo internacional se fijó en g_n = 9,80665 m/seg^2. En la práctica, se suele tomar g = 9,81 m/seg^2.

En los paises anglosajones, por convenio internacional, la aceleración de la gravedad se fijó en 32,185 pies/seg^2; normalmente suelen tomar g_0 = 32,16 pies/seg^2.

La unidad de aceleración angular es el radián por segundo cuadrado, 1 rad/seg^2. La relación entre el kilogramo masa, 1 kg i (inicial) y el kilogramo peso o fuerza, 1 kg f (fuerza), es:

$$1\ \text{kg i} = 1\ \text{kg f/g, o bien, } 1\ \text{kg i} \cdot g = 1\ \text{kg f.}$$

La masa de un cuerpo, m (masa) = G (peso)/g (aceleración de la gravedad).

La relación entre el kilogramo de masa, 1 kg_i, y el kilogramo de fuerza, 1 kg_f, solamente se iguala a nivel del mar, ya que permaneciendo inalterable la masa, varía el peso al reducirse la atracción terrestre con la *altitud*.

DENSIDAD Y PESO ESPECIFICO. – CARGAS

Densidad

La densidad (masa específica) de un cuerpo homogéneo, se define como la relación entre la masa m de un cuerpo y su volumen específico v.

$$\varrho = \frac{m}{v} = \text{kg i/dm}^3$$

Peso específico

El peso específico de un cuerpo homogéneo, es la relación entre su peso G y su volumen específico v.

$$\nu = \frac{G}{v} = \text{kg}_f/\text{dm}^3 \text{ (peso de la unidad de volumen)}$$

Siendo $\varrho = \frac{m}{v}$ y $\nu = \frac{G}{v}$, como G = m.g resulta $\varrho = g$

(El peso específico medio de la Tierra ν_T = 5,505 a 5,530, y su peso aproximado, G_T = 5960 trillones de toneladas).

El peso relativo de un cuerpo, es la relación entre su peso y el peso del mismo volumen de un cuerpo de referencia, genralmente agua a 4° C y 760 mm de Hg (atmósfera física).

El peso específico normalmente se expresa en toneladas por m³, kilogramos por dm³, o gramos por cm³, siendo el mismo valor en los tres casos La unidad es el kilogramo por metro cúbico.

Los valores numéricos de la densidad ϱ de un cuerpo y del peso específico ν del mismo, son iguales entre si, por lo que, a veces, estos conceptos se suelen confundir.

En el sistema anglosajón, el peso específico se expresa en libras por pie cúbico. Como un pie cúbico es igual a 28,31685 decímetros cúbicos, y la libra es igual a 0,45359243 kg, el peso específico relativo con relación al del agua a 4°C y 760 mm de Hg, será:

$$1 \text{ Lb/pie}^3 = 0{,}45359243 \times \frac{1^3}{3{,}048^3} = 0{,}016018465 \text{ kg/dm}^3.$$

$$1 \text{ Kg/dm}^3 = \frac{1}{0{,}016018465} = 62{,}42795 \text{ lb/pie}^3.$$

(Peso específico unitario, Tabla 3.3, págs. 77 y siguientes).

Pesos unitarios. – Cargas

Peso por unidad. – 1 libra = 0,45359243 Kilogramos. 1 kg = 2,20462233 libras.

a) Pesos por unidad de longitud:

$1 \text{ Kg/m lg.} = \frac{1 \times 0{,}9144}{0{,}45359243} = 2{,}0159066$ lb/yarda; 1 lb/yarda = 1:2,0159066 = 0,4960547 kg/m lg.

$1 \text{ Kg/m lg.} = \frac{2{,}015\,906\,6}{3} = 0{,}6719688$ lb/pie; 1 lb/pie = 1:0,6719688 = 1,4881641 kg/m lg.

$1 \text{ Kg/cm} = \frac{2{,}015\,906\,6}{36} \times 100 = 5{,}5997407$ lb/pulg.; 1 lb/pulg = 1:5,5997407 = 0,1785797 kg/cm.

$1 \text{ Ton/m lg} = \frac{1 \times 0{,}9144}{1{,}016047} = 0{,}899958$ ton largas/yarda, 1 ton larga/yarda = 1,1111625 ton/m lg.

b) Pesos por unidad de superficie:

$1 \text{ Kg/m}^2 = \frac{1 \times 0{,}3048^2}{0{,}45359243} = 0{,}2048161$ lb/pie²; 1 lb/pie² = 1:0,2048161 = 4,8824282 Kg/m².

1 Kg/m² = 1,843345 libras/yarda², 1 libra/yarda² = 0,542492 kg/m².

1 Kg/cm² = 14,2233414 lb/pulg²; 1 lb/ pulg² = 0,07030696 kg/cm².

$1 \text{ T/m}^2 = \frac{1 \times 0{,}9144^2}{0{,}907185} = 0{,}9216724$ ton cortas/yarda²; 1 ton corta/yarda² = 1,0849842 t/m²

c) Pesos por unidad de volumen:

$1 \text{ Kg/m}^3 = \frac{1 \times 0{,}3048^3}{0{,}45359243} = 0{,}0624279$ lb/pie³; 1 lb/pie³ = 1:0,0624279 = 16,0184661 kg/m³.

$1 \text{ Kg/cm}^3 = \frac{1 \times 2{,}54^3}{0{,}45359243} = 36{,}1272872$ lb/pulg.³; 1 lb/pulg.³ = 1:36,1272872 = 0,0276799 kg/cm³.

1 Kg/m³ = 1,685554 libras/yarda³ ; 1 libra/yarda³ = 0,593276 kg/m³.

$1 \text{ Ton/m}^3 = \frac{1 \times 0{,}9144^3}{0{,}907185} = 0{,}842777$ ton cortas/yarda³ P; 1 ton corta/yarda³ = 1,186553 t/m³

Nota — Tablas de conversión, en las págs. 598 a 603

Unidades derivadas	FUERZA

Fuerza

Fuerza es la acción recíproca entre dos cuerpos obrando uno sobre otro con igual intensidad y sentido contrario (equilibrio entre acción y reacción) y también aquello que es capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo.

La unidad de fuerza es el newton, 1N, que aplicada al punto material de 1 kg. de masa le comunica, en condiciones normales, una aceleración de 1 m por segundo cuadrado:

$$1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/seg}^2 \text{ ; } 1 \text{ daN (un decanewton)} = 10 \text{ N.}$$

También son unidades de fuerza:

a) La dina (sistema CGS), fuerza que aplicada al punto material de 1 g de masa le comunica, en condiciones normales, una aceleración de 1 cm por segundo cuadrado:

$$1 \text{ dina} = 1 \text{ g cm/seg}^2\text{; } 1 \text{ dina} = 0{,}00001 \text{ Nm/seg}^2\text{; } 1 \text{ N} = 100\,000 \text{ dinas cm/seg}^2\text{.}$$

b) El kilogramo de fuerza, 1 kgf (sistema tecnológico), fuerza que aplicada al punto material de 1 kg de masa le comunica, en condiciones normales, una aceleración de 9,80665 m por segundo cuadrado (aceleración normal de la gravedad).

$$1 \text{ kgf m/seg}^2 = 9{,}80665 \text{ Nm } (\approx 1 \textit{ da N}) = 980665 \text{ dinas cm/seg}^2\text{; } 1 \text{ Nm} = 0{,}10197162 \text{ kgf.}$$

En el sistema anglosajón la unidad es el poundal, fuerza que aplicada al punto material de 1 libra de masa le comunica en condiciones normales una aceleración de 1 pie por segundo cuadrado

$$1 \text{ poundal} = 0{,}45359243 \times 0{,}3048 = 0{,}13825497 \text{ kg m/seg}^2\text{; } 1 \text{ N} = 1 \text{ kg m/seg} = 7{,}2230129 \text{ poundales.}$$

$$1 \text{ Poundal} = 0{,}0140988 \text{ kgf} \cdot 1 \text{ Kgf} = 70{,}931627 \text{ poundales.}$$

$$1 \text{ lb fuerza} = 9{,}80665 : \frac{1}{0{,}45359243} = 4{,}4482222 \text{ N; } 1 \text{ N} = 1 : 4{,}4482222 = 0{,}2248089 \text{ lb fuerza.}$$

$$1 \text{ lb f-pulg.} = \frac{4{,}4482222 \times 25{,}4}{1000} = 0{,}1129848 \text{ N-m, } 1 \text{ N-m} = 8{,}850748 \text{ lb f-pulg.}$$

1 N/m = 1 x 0,3048 x 0,2248089 = 0,06852175 lb/pie; 1 lg/pie = 14,5939057 N/m.
1 N/m = 1 x 0,0254 x 0,2248089 = 0,005710146 lb/pulg; 1 lb/pulg = 175,1268688 N/m

Unidades derivadas	CONVERSIÓN DE UNIDADES DE FUERZA	TABLA 6 - 2

Conversión de newton en libras de fuerza. — 1 N = 0,2248089 lb de fuerza

Newton	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0.	0,00	0,2248	0,4496	0,6744	0,8992	1,1240	1,3488	1,5737	1,7985	2,0233
1.	2,2481	2,4729	2,6977	2,9225	3,1473	3,3721	3,5969	3,8217	4,0466	4,2714
2.	4,4962	4,7210	4,9458	5,1706	5,3954	5,6202	5,8450	6,0998	6,2946	6,5195
3.	6,7443	6,9691	7,1939	7,4187	7,6435	7,8683	8,0931	8,3179	8,5427	8,7675
4.	8,9924	9,2172	9,4420	9,6668	9,8916	10,1164	10,3412	10,5660	10,7908	11,0156
5.	11,2404	11,4653	11,6901	11,9149	12,1397	12,3645	12,5893	12,8141	13,0389	13,2637
6.	13,4885	13,7173	13,9382	14,1630	14,3878	14,6126	14,8374	15,0622	15,2870	15,5118
7.	15,7366	15,9614	16,1862	16,4110	16,6359	16,8607	17,0855	17,3103	17,5351	17,7599
8.	17,9847	18,2095	18,4343	18,6591	18,8839	19,1018	19,3336	19,5584	19,7832	20,0080
9.	20,2328	20,4576	20,6824	20,9072	21,1320	21,3568	21,5817	21,8065	22,0313	22,2561

Conversión de libras de fuerza en newton. — 1 Lb de fuerza = 4,4482222 newton.

Lbf	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0.	0,00	4,448	8,896	13,345	17,793	22,241	26,689	31,138	35,586	40,034
1.	44,482	48,930	53,379	57,827	62,275	66,723	71,172	75,620	80,068	84,516
2.	88,964	93,413	97,861	102,309	106,757	111,206	115,654	120,102	124,550	128,998
3.	133,447	137,895	142,343	146,791	151,240	155,688	160,136	164,584	169,032	173,481
4.	177,929	182,377	186,825	191,274	195,722	200,170	204,618	209,066	213,515	217,963
5.	222,411	226,859	231,308	235,756	240,204	244,652	249,100	253,549	257,997	262,445
6.	266,893	271,342	275,790	280,238	284,686	289,134	293,583	298,031	302,479	306,927
7.	311,376	315,824	320,272	324,720	329,168	333,617	338,065	342,513	346,961	351,410
8.	355,858	360,306	364,754	369,202	373,651	378,099	382,547	386,995	391,444	395,892
9.	400,340	404,788	409,236	413,685	418,133	422,581	427,029	431,478	435,926	440,374

Aplicación. — Convertir 45,08 N en lb. de fuerza. — 45,08 N = 10,1164 + 0,017985 = 10,134385 lb de fuerza.
Convertir 45,08 lb. de fuerza en N. — 48,08 lb de fuerza = 200,170 + 0,35586 = 200,52586 N.

Nota.— Otras tablas de conversión, en las págs. 604 a 606.

Unidades derivadas	**PRESIÓN. — ESPECIFICACIONES**

Presión (tensión mecánica) ϱ

Presión es la relación entre una fuerza F que actúa sobre una superficie pequeña y el área A de esta superficie

$$\varrho = \frac{F}{A}$$

La unidad de presión es el pascal Pa, presión que corresponde a la fuerza de 1 newton actuando uniformemente sobre la superficie de 1 m^2.

1 Pa = 1 N/m^2 (= 0,10197162 kgf/m^2; 1 kgf/m^2 – 9,80665 Pa).

Otras unidades de presión son:

La baria = 1 $dina/cm^2$; su múltiplo, la megabaria o bar = 10^6 barias – 10^5 Pa

El kilogramo de fuerza, presión ejercida por la masa (peso) de 1 kg. sobre la superficie de 1 m^2 en condiciones normales de gravedad.

1 kgf/m^2 (= 1 kg/m^2) = 9,80665 Pa (= 9,80665/10^5 bares).

El Torr, presión ejercida por una columna de mercurio de 1 mm de altura a 0° C y gravedad normal (peso específico del mercurio, 13,5951).

1 Torr = 13,5951 kgf/m^2 (= 9,80665 × 13,5951 = 133,32238 Pa – 1,3332238/10^3 bares).

1 kgf/m^2 - 0,073555913 Torr (1 Pa = 7,5006153/10^3 Torr).

La atmósfera física, presión ejercida por una columna de mercurio de 760 mm de altura en condiciones normales.

1 atm 760 Torr (– 760 × 13,5951 = 10332,276 kgf/m^2; 1 atm – 10332,276 × 9,80665 – = 101325,014 Pa)

1 Torr = 1,3157894/10^3 atm (1 Pa = 9,8692312/10^6 atm).

La atmósfera técnica, igual a la presión de 1 kg (peso) por cm^2 (aproximadamente igual a la presión de una columna de agua de 10 m de altura en condiciones normales):

1 at = 10000 kg/m^2 = 98066,5 Pa(= 0,980665 bares; 1 bar = 1,01971621 at).

1 at = 10000:10332,276 = 0,96784097 atm; 1 atm – 1,0332276 at.

1 at - 0,96784097 × 770 – 735,55913 Torr; 1 Torr = 1.35951/10^3 at.

Considerando la libra por pulgada cuadrada, unidad de presión anglosajona en condiciones normales de gravedad, resulta:

1 $lb/pulg^2$ = 0,45359243:$2,54^2$ = 0,07030697 kg/cm^2 (= at); 1 kg/cm^2 = 14,2233408 lb/pul^2.

1 $lb/pulg^2$ – 0,07030697 × 98066,5 = 6894,757 Pa; 1 Pa = 1,4503771/10^4 $lb/pulg^2$.

1 $lb/pulg^2$ – 0,07030697 × 0,96784097 = 0,06804596 atm; 1 atm = 14,6959489 $lb/pulg^2$.

1 $lb/pulg^2$ = 0,06804596 × 760 = 51,714934 Torr; 1 Torr – 0,01933677 lb/pul^2.

1 Atm – 760:2,54 – 29,9212598 pulgadas de columna de mercurio.

1 Pulg. de col. mercurio 0,03342105 atm. fís, = 3386,4 Pa = 0,0345316 kg/cm^2, = 25,4 Torr.

1 Bar = 14,503771 $lb/pulg^2$; 1 $lb/pulg^2$ = 0,06894757 bares.

Unidades derivadas	**RELACIÓN ENTRE LAS UNIDADES DE PRESIÓN**	TABLA 7 · 2

UNIDADES	*Pascal* N/m^2	*Bar*	*Kg fuerza* Kgf/m^2	*At técnicas* kg/cm^2	*Torr mm de Hg*	*Atm físicas (760 Torr)*	*Libras/pulg²* lb/pul^2	*Pulgadas de mercurio*
Pascal	1	0,00001	0,10197162	1,0197162/10^5	7,500615/10^3	9,8692312/10^6	1,450377/10^4	2,95299/10^4
Bar	100000	1	10197,162	1,0197162	750,06153	0,98692312	14,503771	29,53
Kgf	9,80665	9,80665/10^5	1	0,0001	0,07355691	9,678409/10^5	142233,408	0,0028959
At	98066,5	0,980665	10000	1	735,55913	0,96784097	14,2233408	28,959
Torr	133,32238	1,333223/10^3	13,5951	1,35951/10^3	1	1,315789/10^3	0,01933677	0,03937
Atm	101325,014	1,01325014	10332,276	1,0332276	760	1	14,6959489	29,92126
Lb/pulg	6894,757	0,06894757	7,030697/10^5	0,07030697	51,714934	0,0680459	1	2,036009
Pulg Hg	3386,4	0,033864	345,316	0,0345316	25,4	0,0334211	0,491157	1

Nota — Tablas de conversión, en las págs. 607 a 612.

Unidades derivadas	VISCOSIDAD

Viscosidad. —Es la propiedad de los líquidos y gases para deformarse por la acción de fuerzas pequeñas, que actuan sobre ellos haciendo que se desplacen sus moléculas o capas de líquidos y gases.

Uno de los factores de la deformación, dependiente de la sustancia, es la viscosidad dinámica η, y la relación entre ésta y la densidad ϱ es la viscosidad cinemática $\gamma = \eta / \varrho$.

Como unidad de viscosidad dinámica se ha establecido el pascal segundo, Pa.s (= N · s/m²); también se considera como unidad de viscosidad dinámica el poise, 1P, que corresponde al área de 1 cm de fluido sometido a la fuerza de una dina, para que se desplace un cm de fluido en un segundo.

$$1P = \eta = 0{,}1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = \frac{g}{\text{cm seg}} = \frac{1}{10 \times 9{,}80665} \cdot \frac{\text{kgf seg}}{m^2} \text{ ; también:}$$

$$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10P; \; 1N \cdot s/m^2 = 10P$$

En los paises anglosajones se utiliza la libra de fuerza por pie cuadrado, equivalente a 68950 poises:

$$\frac{1 \text{ libra fuerza segundo}}{1 \text{ pie}^2} = 68950 \text{ poises}; \; 1P = 1{,}45033 = \frac{\text{lb fuerza seg}}{\text{pie}^2}$$

La unidad de viscosidad cinemática es el metro cuadrado por segundo, m^2/seg; generalmente se considera como unidad el Stoke, 1 St = $\eta : \varrho$ (viscosidad de un pascal dividido por la densidad ρ)

$$1 \text{ St} = \frac{1P}{\varrho} \left(= \frac{g}{\text{cm seg}} : \frac{g}{cm^2} \right) = \frac{cm^2}{\text{seg}} = \frac{10^{-4} m^2}{\text{seg}} = 0{,}0001 \; m^2/s.$$

La viscosidad cinemática del agua a 20° C es el centistoke, 1cST = 1 St:100 (más exactamente, la viscosidad cinemática del agua, η = 1,003 cSt).

Además del Stoke, como unidades convencionales de viscosidad cinemática se utilizan:

a) El grado Engler (°E) en el Continente europeo.

b) El Redwood-segundo (R-seg) en la Gran Bretaña.

c) El Saybolt-segundo (S-seg) en los Estados Unidos de América.

La relación entre estas unidades no es constante para valores inferiores a 60 centistokes.

Unidades derivadas	EQUIVALENCIA APROXIMADA DE VISCOSIDADES	TABLA 8 · 2

Centistokes	*Grados Engler*	*Saybolt segundos*	*Redwood segundos*	*Centistokes*	*Grados Engler*	*Saybolt segundos*	*Redwood segundos*	*Centistokes*	*Grados Engler*	*Saybolt segundos*	*Redwood segundos*
2	1,12	32,6	30,35	31	4,19	145,3	127,7	100	13,16	462,0	405,5
3	1,22	36,1	32,85	32	4,32	149,7	131,7	110	14,48	508,2	446,1
4	1,31	39,1	35,43	33	4,44	154,2	135,6	120	15,79	554,4	486,6
5	1,40	42,3	38,01	34	4,57	158,7	139,5	130	17,11	600,6	527,2
6	1,48	45,5	40,61	35	4,70	163,2	143,5	140	18,42	646,8	567,6
7	1,56	48,7	43,30	36	4,82	167,7	147.4	150	19,74	693,0	608,3
8	1,65	52,1	46,07	37	4,95	172,2	151,4	160	21,06	739,2	648,8
9	1,75	55,4	48,91	38	5,08	176,7	155,4	170	22,37	785,0	689,0
10	1,83	58,9	51,76	39	5,20	181,2	159,4	180	23,69	832,0	730,0
				40	5,33	185,7	163,4	190	25,00	878,0	771,0
11	1,93	62,3	54,80					200	26,32	924,0	811,0
12	2,02	65,9	57,94	42	5,59	194,7	171,4				
13	2,12	69,6	61,10	44	5,84	203,8	179,4	250	32,90	1155	1014
14	2,22	73,4	64,39	46	6,10	213,0	187,5	300	39,48	1386	1217
15	2,32	77,2	67,75	48	6,36	222,2	195,6	350	46,06	1617	1419
16	2,43	81,0	71,20	50	6,63	231,4	203,6	400	52,64	1848	1622
17	2,54	85,1	74,69	52	6,89	240,6	211,6	450	59,22	2079	1825
18	2,64	89,2	78,17	54	7,11	249,8	219,6	500	65,80	2310	2028
19	2,75	93,3	81,78	56	7,37	259,0	227,7	550	72,38	2541	2230
20	2,87	97,5	85,47	58	7,63	268,2	235,8	600	78,96	2772	2433
				60	7,90	277,4	243,9	650	85,54	3003	2636
21	2,98	101,7	89,26					700	92,12	3234	2839
22	3,10	106,0	92,97	62	8,16	286,6	251,9	800	105,3	3696	3244
23	3,21	110,3	96,60	64	8,42	295,8	260,0	900	118,4	4158	3650
24	3,33	114,6	100,5	68	8,95	314,2	276,2				
25	3,46	118,9	104,3	72	9,48	332,6	292,3	1000	131,6	4620	4056
26	3,57	123,3	108,2	76	10,00	351,1	308,4	1100	144,8	5082	4461
27	3,69	127,7	112,0	80	10,53	369,6	324,4	1200	157,9	5544	4866
28	3,82	132,1	115,9	84	11,05	388,1	340,6	1400	184,2	6468	5677
29	3,94	136,5	119,8	88	11,58	406,6	356,8	1600	210,6	7392	6488
30	4,07	140,9	123,8	92	12,11	425,0	373,1	1800	236,9	8316	7299
				96	12,63	443,5	389,3	2000	263,2	9240	8110

Unidades derivadas	**VISCOSIDAD DE LÍQUIDOS Y DE GASES**	TABLA 9 · 2

Peso específico, densidad, y viscosidad dinámica y cinemática del agua.

Valores	*Temperatura t° C*							
	0°	*10°*	*15°*	*20°*	*40°*	*60°*	*80°*	*100°*
γ kg/m^3	1000	1000	999	998	992	983	972	958
ϱ kg seg/m^4	101,9	101,9	101,8	101,7	101,1	100,2	99,1	97,85
10^6 η kg seg/m^2	182	133	116,3	102	66,5	47,9	36,3	28,8
10^6 γ m^2/seg	1,79	1,31	1,14	1,01	0,658	0,478	0,366	0,295

Peso específico, densidad, y viscosidad dinámica y cinemática del aire.

Valores	*Temperatural t°C a 760 Hg*								
	−20°	*0°*	*20°*	*40°*	*60°*	*80°*	*100°*	*200°*	*500°*
γ kg/m^3	1,40	1,29	1,20	1,12	1,06	1,00	0,95	0,746	0,393
ϱ kg seg/m^4	0,142	0,132	0,123	0,115	0,108	0,102	0,096	0,076	0,040
10^6 η kg seg/m^2	1,65	1,75	1,85	1,95	2,04	2,13	2,22	2,66	3,868
10^6 γ m^2/seg	11,6	13,3	15,1	16,9	18,9	20,9	23,1	35,0	96,7

Peso específico, densidad, y viscosidad dinámica y cinemática de vapor de agua.

Valores	*Temperatura t°C a 760 Hg.*								
	100°	*150°*	*200°*	*250°*	*300°*	*350°*	*400°*	*450°*	*500°*
γ kg/m^3	0,598	0,524	0,467	0,421	0,384	0,353	0,326	0,304	0,284
ϱ kg seg/m^4	0,061	0,053	0,048	0,043	0,039	0,036	0,033	0,031	0,029
10^6 η kg seg/m^2	1,296	1,486	1,679	1,875	2,071	2,267	2,468	2,668	2,870
10^6 γ m^2/seg	21,27	27,88	35,30	43,65	52,80	63,00	74,20	86,10	99,10

Viscosidad dinámica de gases

Valor	*Aire*	*Anhídrido carbónico*	*Oxígeno*	*Nitrógeno*	*Hidrógeno*	*Vapor de agua*	*Amoníaco*
10^6 η_0 kg seg/m^2	1,753	1,425	1,965	1,683	0,852	0,922	0,930
n	0,76	0,866	0,702	0,694	0,67	1,09	1,05

Para temperaturas de $-20° < t < 500°$ C, se cumple la relación $\eta = \eta_0\,[(t + 273)/273]^n$.
Se exponen valores de $10^6\eta_0$, y del exponente n de la fórmula, para varios gases importantes.

Viscosidad cinemática de varios líquidos a 20° C

Valor	*Mercurio*	*Eter*	*Alcohol*	*Benzol*	*Glicerina*
γ m^2/seg.	$0{,}115 \cdot 10^{-6}$	$0{,}316 \cdot 10^{-6}$	$1{,}520 \cdot 10^{-6}$	$0{,}740 \cdot 10^{-6}$	$971 \cdot 10^{-6}$

Viscosidad	**LUBRICACIÓN**

Lubricantes. — Son materias que tienen la propiedad de disminuir el rozamiento en las piezas de maquinaria que se deslizan unas sobre otras, evitando el desgaste de las piezas y economizando energía; los lubricantes son sólidos y líquidos y se caracterizan por sus propiedades físicas, considerando:

a) Peso específico. — Generalmente comprendido de 0,85 a 0,95.

b) Punto de inflamación. — Temperatura mínima a la cual, los vapores desprendidos del lubricante forman con el aire una mezcla inflamable (no deben ser utilizados los lubricantes que formen mezcla inflamable a temperatura inferior a 150° C).

c) Punto de combustión. — Es la temperatura mínima en la que la mezcla de los gases desprendidos del lubricante, con el aire, arden de modo permanente (esta temperatura suele ser superior a la de inflamación en 20° a 30° C).

d) Punto de congelación. — Es la máxima temperatura a la cual, el lubricante alcanza tal viscosidad que no fluye a través de un tubo por la acción de la gravedad.

e) Punto de goteo. — Es la mínima temperatura a la cual el lubricante empieza a gotear.

f) Punto de acidez. — Es el número de miligramos de hidróxido potásico necesarios para neutralizar los ácidos contenidos en un gramo de lubricante.

g) Contenido en cenizas. — Contenido en cenizas en % después de la combustión.

h) Viscosidad. — Es la resistencia al deslizamiento mutuo entre dos capas contiguas del lubricante; aumenta al disminuir la temperatura y disminuye al aumentar ésta.

Las propiedades físicas de los lubricantes serán las adecuadas a las condiciones de servicio y de trabajo de los útiles o máquinas en las que se empleen; a título informativo, en la Tabla 10.2 se exponen los valores medios de aceites lubricantes según su aplicación en varios servicios.

Viscosidad	**ACEITES LUBRICANTES**	TABLA 10 . 2

TIPO DE ACEITE	*VISCOSIDAD* Centistokes 40°	100°	Engler 50°	*PUNTO DE* Congelación °C	Inflamación °C	*APLICACIÓN*
De engrase general. (Maquinaria ligera)	*13-16*	*2,5-4*	*1,7-2*	*−10*	*170-180*	*Mecánica de precisión. Máquina herramienta. Vehículos automóviles ligeros.*
De engrase general. (Maquinaria media)	*40-70*	*6-8*	*4-6*	*10*	*200-210*	*Maquinaria cargada. Cojinetes y engranajes, medianos y grandes. Vehículos automóviles pesados*
Aceite con aditivos de fósforo y azufre. (Grandes cargas)	*230-500*	*20-30*	*25-35*	*−10*	*220-270*	*Maquinaria muy cargada. Engranajes fuertemente cargados. Cojinetes de grandes dimensiones.*
Aceite altamente refinado, con aditivos antioxidantes. (Circuitos hidráulicos).	*45-65*	*6-9*	*4-6*	*−20*	*190-210*	*Transmisión y control de fuerza.*
Aceite antioxidante, contra herrumbre, antidesgaste. (Maquinaria hidráulica).	*30-60*	*5-8*	*3-5*	*−10 −20*	*220-225*	*Turbinas y compresores. Herramienta neumática. Circulación hidráulica en vehículos y máquinas.*
Aceite con gran resistencia a la oxidación. (Transmisión de calor).	*35-40*	*5-6*	*3-5*	*−10*	*200*	*Transmisión de calor en circuito cerrado, y circulación forzosa.*
Aceite refinado, sin parafina. (Frío industrial).	*50-100*	*7-12*	*5-8*	*> −25*	*150*	*Compresores y máquinas frigoríficas.*
Aceite para equipos eléctricos	*−15°* / *250*	*20°* / *25*	*—*	*−26*	*150*	*Transformadores. Interruptores. Condensadores. Aparallaje eléctrico.*
	Rigidez dieléctrica 35 KV					

TRABAJO, ENERGIA Y POTENCIA

Trabajo

Se realiza un trabajo cuando a un cuerpo se aplica una fuerza F, y por la acción de ésta, se desplaza un camino espacio e, según la dirección de la fuerza, siendo este trabajo:

$$T = F \cdot e$$

resultando el producto una combinación de fuerza y longitud.

Energía

Energía es la capacidad de los cuerpos (masa) en movimiento para realizar un trabajo, o la que puede tener un cuerpo en estado potencial, por ejemplo, un cuerpo elevado situado en el campo de acción de la gravedad.

La unidad de energía es el julio, 1 J, energía desarrollada por newton, 1 N, a lo largo de un metro (en dirección de la fuerza).

1 J = 1 N . m. Por convenio internacional, el J (IT) =1,000835J por lo que su valor es 1 J = 0,999165.

La energía desarrollada por 1 dina a lo largo de 1 cm es el ergio.

1 Ergio = 1 dina × cm ; 1 julio = 10.000.000 de ergios

La energía desarrollada por un kilogramo a lo largo de 1 m, es el kilográmetro (unidad de mecánica o práctica), 1 kilográmetro, 1 kgm = 1 kg. 1 m = 9,80665 J = 9,80503 J (IT)

La unidad de energía eléctrica es el voltio amperio seg.

1 V. A. seg = (1 Vatio seg) = 1 J

Cantidad de calor

La unidad de energía térmica es la caloría gramo, cantidad de calor que debe suministrarse a 1 gramo de agua destilada para elevar su temperatura un grado (de 14,5° C a 15,5° C) a 760 Hg.

1 kcal =4186,04 J (IT); 860 kcal h = 1 kw

En el Sistema Anglosajón, la unidad de energía es la libra pie, que corresponde a la desarrollada por una libra a lo largo de un pie (libra pie = lb ft).

1 libra pie (1 lb ft) = 0,3048 × 0,45359243 = 0,138255 kgm = 1,355598 J (IT)

La unidad térmica es el Btu (British Thermal Unit) = 1054,87 J (IT), que representa la cantidad de calor necesaria para incrementar en un grado Fahrenheit la masa de una libra de agua.

Potencia

Potencia es el trabajo realizado en la unidad de tiempo (el segundo). La unidad de potencia es el vatio, 1 W.

1 W = 1 J/s

La unidad de potencia mecánica o práctica es el caballo de vapor.

1 C.V. = 75 kgm/seg = 735,5 W = 735,38 J (IT)

En el Sistema Anglosajón, la unidad de potencia mecánica o práctica, es el caballo vapor inglés (horse power), H.P.

1 H.P. = 550 libras = 0,138255 × 550 = 76,0402 kgm = 745,82 J (IT)

También:

1 H.P. = 76,0402 : 75 = 1,013869 C.V.

En la Tabla que sigue, se comparan diversas unidades de potencia, que corresponden al trabajo desarrollado en la unidad de tiempo (el segundo), y para pasar a la potencia por minuto, hora, día..., se multiplicarán aquellas unidades por: 60, 3600, 86400..., respectivamente.

También sigue una Tabla para conversión de caballos de vapor, CV en caballos de vapor ingleses, H.P. y viceversa.

Unidades derivadas	**RELACIÓN ENTRE LAS UNIDADES DE POTENCIA**	TABLA 11 . 2

UNIDADES	*Julios J/seg.*	*Kilovatios Kw/seg.*	*Kilográmetros Kgm/seg*	*Cab. vapor CV/seg.*	*Kilocalorías kcal/seg.*	*Libras pie lb-pie/seg.*	*Horse power HP/seg.*	*Unid. térm Btu/seg.*
Julios	1 (0,999835)	0,001	0,101988	0,001135984	0,00023889	0,737682	0,001341237	0,000947988
Kilovatios	1.000	1 (0,999835)	101,988	1,35984	0,238889	737,682	1,341237	0,947988
Kilográmetros	9,80503	0,009805	1	0,013333	0,00234231	7.233	0,0131509	0,00929505
Cab. vapor	735,378	0,735378	75	1	0,175673	542,475	0,986317	0,69713
Kilocalorías	4186,04	4,18604	426,928	5,69237	1 (0,999346)	3087,97	5,614488	3,96832
Libras pie	1,355598	0,001355598	0,138255	0,0018434	.3,2384/10⁴	1	0,00181818	0,00128509
Horse power	745,82	0,74582	76,0402	1,01387	0,17811	550	1	0,7068
Btu	1054,87	1,05487	107,584	1,43445	0,251996	778,155	1,414829	1 (0,999346)

Las relaciones de una unidad con las otras se expresan en la línea horizontal donde la primera figura como unidad

Unidades derivadas	**CONVERSIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA CABALLOS DE VAPOR—KILOVATIOS**	TABLA 12 · 2

Conversión de caballos de vapor en kilovatios.—1 CV = 0,735378 kw.

CV	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0.	0,00	0,735	1,471	2,206	2,942	3,677	4,412	5,148	5,883	6,618
1.	7,354	8,089	8,825	9,560	10,295	11,037	11,766	12,501	13,237	13,972
2.	14,708	15,443	16,178	16,914	17,649	18,384	19,120	19,855	20,591	21,326
3.	22,061	22,797	23,532	24,267	25,003	25,738	26,474	27,209	27,944	28,680
4.	29,415	30,150	30,886	31,621	32,357	33,092	33,827	34,563	35,298	36,034
5.	36,769	37,504	38,240	38,975	39,710	40,446	41,181	41,917	42,652	43,387
6.	44,123	44,858	45,593	46,329	47,064	47,800	48,535	49,270	50,006	50,741
7.	51,476	52,219	52,947	53,683	54,418	55,153	55,889	56,624	57,359	58,095
8.	58,830	59,566	60,301	61,036	61,772	62,507	63,243	63,978	64,713	65,449
9.	66,184	66,919	67,655	68,390	69,126	69,861	70,596	71,332	72,067	72,802

Conversión de kilovatios en caballos de vapor.—1 KW = 1,35984 CV

KW	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0.	0,00	1,360	2,720	4,079	5,439	6,799	8,159	9,519	10,879	12,239
1.	13,598	14,958	16,318	17,678	19,038	20,398	21,157	23,117	24,477	25,837
2.	27,197	28,557	29,916	31,276	32,636	33,996	35,356	36,716	38,076	39,435
3.	40,795	42,155	43,515	44,875	46,235	47.594	48,954	50,314	51,674	53,034
4.	54,394	55,753	57,113	58,473	59,833	61,193	62,553	63,912	65,272	66,632
5.	67,992	69,352	70,712	72,072	73,431	74,791	76,151	77,511	78,871	80,231
6.	81,590	82,950	84,310	85,670	87,030	88,390	89,749	91,109	92,469	93,829
7.	95,189	96,549	97,908	99,268	100,628	101,988	103,348	104,708	106,068	107,427
8.	108,787	110,147	111,507	112,867	114,227	115,586	116,946	118,306	119,666	121,026
9.	122,386	123,745	125,105	126,465	127,825	129,185	130,545	131,904	133,264	134,624

Aplicación.— Convertir 3 695 KW.—3 695 CV = 2647,4 + 69,861 = 2717,261 KW.

También 3 695 CV = 3 695 × 0,735378 = 2717,221 KW.

Nota.— Otras tablas de conversión, en las págs. 613 a 618.

Unidades derivadas	UNIDADES ELÉCTRICAS Y MAGNÉTICAS	TABLA 13 · 2

UNIDAD	*Símbolo (UNE 5009)*	*ESPECIFICACIÓN*	*EQUIVALENCIA*
JULIO Trabajo, energía, cantidad de calor.	J	Unidad de trabajo y de energía; el trabajo realizado por la unidad de fuerza, un newton a lo largo de 1 m. 1 J = 1 N · m.	1 = V · A seg = 1N . m J = 0,10199 kg m. J = 0,23889 cal.
VATIO Energía eléctrica	W	Unidad de potencia eléctrica equivalente a un julio por segundo.	W = J seg = 0,23889 cal. = V · A seg.
AMPERIO Fuerza electromotriz	A	Unidad de intensidad de corriente eléctrica que circula por un conducto que presenta la resistencia constante de un ohmio disipando la potencia de un vatio; corresponde al paso de un culombio por segundo.	$A = \frac{V}{\Omega} = \frac{W}{V}$
OHMIO Resistencia eléctrica	Ω	Resistencia que a la temperatura de cero grados centígrados, opone al paso de una corriente eléctrica de intensidad constante una colúmna de mercurio de un milímetro cuadrado de sección y 1063 milímetros de longitud.	$\Omega = \frac{V}{A} = \frac{W}{A^2}$
VOLTIO Tensión eléctrica, diferencia de potencial, fuerza electromotriz	V	Cantidad de fuerza electromotriz que, aplicada a un conductor cuya resistencia sea un ohmio, produce una corriente de un amperio.	$V = A \cdot \Omega$ $Vseg. = 1 \times 10^8$ Mx Vseg. = 1 Wb
CULOMBIO Cantidad de electricidad	Q	Carga eléctrica o cantidad de electricidad que en un segundo circula por un conducto alimentado por la intensidad de un amperio; pasando por una disolución de plata, determina la precipitación de 1,118 mg de plata.	Q = A seg.
SIEMENS Conductancia eléctrica	S	Conductancia eléctrica de valor y dimensiones físicas equivalente al recíproco del ohmio.	$S = \frac{A}{V} = \frac{1}{\Omega}$
FARADIO Capacidad eléctrica	F	Capacidad eléctrica de un conductor que, cargado con un culombio produce un voltio.	$F = \frac{Q}{V} = \frac{A\ seg}{V}$
WEBER Flujo de inducción magnética.	Wb	Cantidad de flujo magnético que, concatenada con un circuito abierto, anulándose en un segundo, determina en los bornes del circuito una fuerza electromotriz de un voltio.	Wb = V seg.
TESLA Inducción magnética, densidad de flujo magnético.	T	Unidad de inducción magnética equivalente a un weber por metro cuadrado.	$T = \frac{Wb}{m^2}$
HENRIO Inductancia	H	Inductancia propia de un circuito en el que produce una fuerza electromotriz de un voltio, cuando la corriente que pasa por él circula cambia a razón de un amperio por segundo.	$H = \frac{Vseg.}{A\ seg}$

OTRAS UNIDADES MAGNÉTICAS

GAUS Inducción magnética.	Gs	Unidad de inducción magnética equivalente a una diezmilésima de tesla.	$Gs = \frac{10^{-4} Wb}{m^2} = \frac{10^{-8} Vseg}{cm^2}$
OERSTED Intensidad de campo magnético	Oe	Unidad de excitación magnética o poder excitador.	$Oe = \frac{10}{4\pi} \frac{A}{cm}$ $= 79{,}58 \frac{A - vuelta}{m}$
MAXWELL Flujo de inducción magnética.	Mx	Unidad de medida del flujo de inducción magnética.	$Mx = 10^{-8}$ WB
GILBERT Tensión magnética.	Gb	Unidad de fuerza electromotriz.	$Gb = Oe\ cm = \frac{10}{4\pi} A$ $= 79{,}58$ A

Unidades complementarias en la Tabla 4.5, pág. 159

Unidades derivadas	MAGNITUDES FOTOMÉTRICAS Y UNIDADES		TABLA 14 · 2
MAGNITUD	*Símbolo*	*ESPECIFICACIÓN*	*UNIDAD*
CANTIDAD DE BRILLO (LUMINANCIA)	B (L) (sb)	Densidad de radiación luminosa (claridad superficial) de una fuente de luz o manantial luminoso, proyectada perpendicularmente a una superficie aparente de unidad de área. El patrón es la densidad de brillo B_0 de un cuerpo absolutamente negro a la temperatura de solidificación del platino (2046° K) emitida a través de un orificio de un centímetro cuadrado.	Stilb $\left(1 \text{ sb} = \frac{B_0}{60}\right)$
INTENSIDAD LUMINOSA	I (cd)	Intensidad de luz que un cuerpo negro a la temperatura de solificación del platino (2046° K), emite normalmente a través de un orificio de superficie unidad.	Candela (Bujía)
FLUJO LUMINOSO	Φ (lm)	Intensidad o caudal de energía luminosa que emite un foco o fuente luminosa en el Interior de un ángulo sólido.	Lumen
CANTIDAD DE LUZ	Q	Caudal luminoso emitido por una fuente de luz en una hora.	Lumen-hora
ILUMINANCIA	E (lx)	Relación entre la intensidad luminosa correspondiente a un flujo luminoso emitido normalmente a una superficie, y el área de la superficie receptora.	Lux
RADIACIÓN LUMINOSA ESPECÍFICA	R (ph)	Relación entre el flujo luminoso que incide sobre una superficie, y el área de la superficie receptora.	Fot
ILUMINACIÓN	H	Cantidad de iluminación que en un segundo se proyecto sobre una superficie de un metro cuadrado.	Lux-segundo
RENDIMIENTO LUMINOSO	μ	Relación entre el flujo luminoso que cada segundo emite una fuente de luz, y la potencia energética correspondiente.	$\frac{\Phi}{P}$

Unidades derivadas

UNIDADES FOTOMETRICAS Y RELACIONES

TABLA 15 · 2

UNIDAD	*Símbolo*	*ESPECIFICACIÓN*	*RELACIÓN*
STILB	sb	Unidad de intensidad de brillo. Corresponde a la intensidad luminosa que un foco emisor de la intensidad de una candela, emite sobre una superficie aparente de un centímetro cuadrado. Un nit es igual a 0,0001 de sb.	$1\ sb = \frac{cd}{cm^2}$ $= \frac{lm}{cm^2 \cdot sr}$ $= 10^4 \cdot \frac{cd}{m^2}$
LAMBERT	lb	Unidad de brillo luminoso emitido por unidad de superficie, representada por un centímetro cuadrado. Un apostilb (asb) es igual a 0,0001 lambert.	$1\ lambert = \frac{1}{\pi} \cdot sb$ $= \frac{1}{\pi} \cdot \frac{cd}{cm^2}$
CANDELA (BUJIA)	cd	Unidad de intensidad luminosa. Corresponde a la emitida por un cuerpo negro a la temperatura de solidificación del platino, normalmente a través de un orificio de 1/60 cm^2 de superficie.	$1\ cd = sb \cdot cm^2 = \frac{lm}{sr}$ Bujía decimal = 1,02 cd Bujía Hefner = 0,92 cd Candela UK = 0,98 cd
LUMEN	lm	Unidad de flujo luminoso. Corresponde al que un foco uniforme de intensidad luminosa igual a una candela, emite en un ángulo sólido de un estereorradián.	$1\ lm = sb \cdot cm^2 \cdot sr$ $= cd \cdot sr$
LUX	lx	Unidad de intensidad de iluminación, definida por una superficie que recibe normalmente un flujo luminoso de un lumen por metro cuadrado.	$1\ lx = \frac{lm}{m^2}$ $= 10^{-4} \cdot \frac{lm}{cm^2}$ $= 10^{-4} \cdot ph$
FOT	ph	Unidad específica de intensidad de iluminación, equivalente a un lumen por centímetro cuadrado. (Foot-candle, igual a 1 lm/pie cuadrado).	$1\ ph = \frac{lm}{cm^2}$ $= 10^4 \cdot lx$ Foot-candle = 10,76 lx
LUX-SEGUNDO	lx-seg	Cantidad de iluminación proyectada por segundo, sobre la superficie de un metro cuadrado.	$lx\text{-}seg = \frac{lm\ seg}{m^2}$ $= 10^{-4} \cdot \frac{lm\ seg}{cm^2}$
POTENCIA (J)	$\frac{\Phi}{P}$	Unidad de potencia de flujo luminoso.	$\frac{lm}{W}$ (lumen por vatio)

Unidades derivadas	RELACIÓN Y CONVERSIÓN ENTRE UNIDADES DE INTENSIDAD DE BRILLO	TABLA 16 . 2

UNIDADES	*Stilb*	*Nit*	*Lambert*	*Apostilb*	*Candela / pul.²*	*Candela / pie²*
Stilb cd/cm²	1	10000	31416	31416	6,4516	929,03
Nit cd/m²	0,0001	1	0,000314	3,1416	0,000645	0,092903
Lambert cd/π cm²	0,3183	3183,1	1	10000	2,05361	295,72
Apostilb cd · $10^{-4}/\pi$ cm²	$3{,}183 \cdot 10^{-5}$	0,3183	0,0001	1	0,000205	0,02957
Cand./pul.²	0,155	1550	0,48695	4869,5	1	144
Cand./pie²	0,00108	10,764	0,00338	33,816	0,00694	1

Conversión de stilb (cd/cm²) en cd/pul.².—1 Stilb = 6,4516 cd/pul.²

Stilb	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0.	0,00	6,4516	12,903	19,355	25,806	32,258	38,710	45,161	51,613	58,064
1.	64,516	70,968	77,419	83,871	90,322	96,774	103,23	109,68	116,13	122,58
2.	129,03	135,48	141,94	148,39	154,84	161,74	167,74	174,19	180,64	187,10
3.	193,55	200,00	206,45	212,90	219,35	225,81	232,26	238,71	245,16	251,61
4.	258,06	264,52	270,97	277,42	283,87	290,32	296,77	303,23	309,68	316,13
5.	322,58	329,03	335,48	341,93	348,39	354,84	361,29	367,74	374,19	380,64
6.	387,10	393,55	400,00	406,45	412,90	419,35	425,81	432,26	438,71	445,16
7.	451,61	458,06	464,52	470,97	477,42	483,87	490,32	496,77	503,22	509,68
8.	516,13	522,58	529,03	535,48	541,93	548,39	554,84	561,29	567,74	574,19
9.	580,64	587,10	593,55	600,00	606,45	612,90	619,35	625,81	632,26	638,71

Conversión de cand./pul.² en stilb (cd/cm²).—1 Cand./pul.² = 0,155 sb.

cd/pul²	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0.	0,00	0,155	0,310	0,465	0,620	0,775	0,930	1,085	1,240	1,395
1.	1,550	1,705	1,860	2,015	2,170	2,325	2,480	2,635	2,790	2,945
2.	3,100	3,255	3,410	3,565	3,720	3,875	4,030	4,185	4,340	4,495
3.	4,650	4,805	4,960	5,115	5,270	5,425	5,580	5,735	5,890	6,045
4.	6,200	6,355	6,510	6,665	6,820	6,975	7,130	7,285	7,440	7,595
5.	7,750	7,905	8,060	8,215	8,370	8,525	8,680	8,835	8,990	9,145
6.	9,300	9,445	9,610	9,765	9,920	10,075	10,230	10,385	10,540	10,695
7.	10,850	11,005	11,160	11,315	11,470	11,625	11,780	11,935	12,090	12,245
8.	12,400	12,555	12,710	12,865	13,020	13,175	13,330	13,485	13,640	13,795
9.	13,950	14,105	14,260	14,415	14,570	14,725	14,880	15,035	15,190	15,345

Aplicación.—Convertir 126 stilb en cd/pul². 126 st = 645,16 + 167,74 = 812,90 cd/pul².

Convertir 126 cand/pul² en stilb.—126 cd/pul² = 15,5 + 4,03 = 19,53 st.

Unidades derivadas	RELACIÓN Y CONVERSIÓN DE UNIDADES DE INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN	TABLA 17 . 2

UNIDADES	*Lux*	*Fot*	*Pulg. cand.*	*Pie candela (foot-candle)*
Lx lm/m^2	1	0,0001	0,000645	0,0929
Fot hp = lm/cm^2	10000	1	6,4516	929,03
pulg. cd. $lm/pulg.^2$	1550	0,155	1	144
pie cd. lm/pie^2	10,7639	0,001076	0,00694	1

Conversión de lux (lm/m^2 en foot candle.—1 lx = 0,0929 foot-candle

Lux	*00*	*10*	*20*	*30*	*40*	*50*	*60*	*70*	*80*	*90*
0.		0,929	1,858	2,787	3,716	4,645	5,574	6,503	7,432	8,361
1.	9,290	10,219	11,148	12,077	13,006	13,925	14,864	15,793	16,722	17,651
2.	18,580	19,509	20,438	21,367	22,296	23,225	24,154	25,083	26,012	26,941
3.	27,870	28,799	29,728	30,657	31,586	32,515	33,444	34,373	35,302	36,231
4.	37,160	38,089	39,018	39.947	40,876	41,805	42,734	43,663	44,592	45,521
5.	46,450	47,379	48,308	49,237	50,166	51,095	52,024	52,953	53,882	54,811
6.	55,740	56,669	57,598	58,527	59,456	60,385	61,314	62,243	63,172	64,101
7.	65,030	65,959	66,888	67,817	68,746	69,675	70,604	71,533	72,462	73,391
8.	74,320	75,249	76,178	77,107	78,036	78,965	79,894	80,823	81,752	82,681
9.	83,610	84,539	85,468	86,397	87,326	88,255	89,184	90,113	91,042	91,971

Conversión de foot-candle en lux.—1 foot-candle = 10,7639 lx.

F-cd	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0.	0,00	10,764	21,528	32,292	43,056	53,820	64,583	75,347	86,111	96,875
1.	107,64	118,40	129,17	139,93	150,69	161,46	172,22	182,99	193,75	204,51
2.	215,28	226,04	236,81	247,57	258,33	269,10	279,86	290,63	301,39	312,15
3.	322,92	333,68	344,44	355,20	365,97	376,74	387,50	398,26	409,03	419,79
4.	430,56	441,32	452,08	462,85	473,61	484,38	495,14	505,90	516,67	527,43
5.	538,20	548,96	559,72	570,49	581,25	592,01	602,78	613,54	624,31	635,07
6.	645,83	656,60	667,36	678,13	688,89	699,65	710,42	721,18	731,95	742,71
7.	753,47	764,24	775,00	785,76	796,53	807,29	818,06	828,82	839,58	850,35
8.	861,11	871,88	882,64	893,40	904,17	914,93	825,70	936,46	947,22	957,99
9.	968,75	979,51	990,28	1001,04	1011,81	1022,57	1033,33	1044,10	1054,86	1065,63

Aplicación. Convertir 675 lux en foot-candle.—675 lx = 62,243 + 0,464 = 62,707 foot-candle.

Convertir 675 foot-candle en lux.—675 foot-candle = 7211,8 + 53,82 = 7265,62 lx.

Unidades derivadas	INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN	TABLA 18 · 2

SERVICIO O ACTIVIDAD	INTENSIDAD lx	
	Mínimo	Óptimo
VIVIENDAS		
Cuartos de baño y aseos:		
General	50	100
Sobre espejos	200	400
Dormitorios:		
General	50	100
Sobre cabeceras de cama y de espejos	200	500
Salas de estar:		
General	50	100
Lectura, trabajo, costura	300	500
Cocina	100	200
Vestíbulo, pasillos	50	100
CENTROS DE ENSEÑANZA		
Aulas, laboratorios	200	500
Salas de dibujo:		
General	200	500
Sobre tableros	800	1000
Salas de conferencias, etc.	200	500
Pasillos, vestuarios, aseos, servicios	50	100
Escaleras	100	150
OFICINAS		
Contabilidad, mecanografía, ficheros, mecanización, etc.	300	600
Salas de dibujo:		
General	200	500
Sobre tableros	800	1000
Salas de conferencias, archivos	150	300
BIBLIOTECAS Y MUSEOS		
General	100	200
Cuadros	100	200
Vitrinas	500	800
Salas de lectura	150	300
Mesas de trabajo	300	500
ESTABLECIMIENTO COMERCIALES		
General	250	500
Mostradores	500	800
Vitrinas interiores	800	1000
Escaparates principales	1000	2000
Escaparates normales	500	1000
HOTELES, RESTAURANTES, CAFETERÍAS		
Vestíbulos, pasillos	100	150
Cocina	100	200
Barras	150	500
Comedor y salones	150	300
Habitaciones:		
General	100	150
Sobre cabeceras de cama, y de espejos	200	500
Cuartos de baño:		
General	50	100
Sobre espejos	200	400
INDUSTRIA		
Trabajo basto	200	400
Trabajo ordinario	400	800
Trabajo de precisión	1000	2500
Trabajo de gran precisión	2500	4000

Unidades derivadas

CANTIDAD DE CALOR.—TEMPERATURA

Temperatura. —Es el estado de los cuerpos más calientes o fríos perceptible por el sentido del tacto. Altera ciertas propiedades físicas de los cuerpos, basándose en estas perturbaciones los distintos sistemas para medirla, siendo las del agua, a presión normal (760 Torr), las utilizadas, estableciendo valores entre la diferencia de temperatura del agua que hierve y la del hielo que se funde. En la escala de temperatura Kelvin (°K) se establece que la del hielo que se funde es de 273,16° K, coincidiendo el 0° K con el cero absoluto; en la escala centígrada o de Celsius (la más difundida) la temperatura del hielo que se funde es de 0° C y la de ebullición del agua 100° C, siendo igual el valor del grado de temperatura en ambas escalas.

El sistemas Reaumur, prácticamente en desuso, considera 0° R la temperatura del hielo que se funde y 80° la del agua que hierve, a presión normal.

En el sistema anglosajón, la escala Fahrenheit (°F) se asigna 32° F a la temperatura a la que el hielo se funde y 212° F a la del agua que hierve a presión normal.

En el cuadro que sigue se exponen las relaciones entre los distintos sistemas.

SISTEMA	*Temperatura absoluta*	*Solidifación del agua*	*Ebullición del agua*
Kelvin (absoluto)	0° K	273,16° K	373,16° K
Celsius (centígrado)	−273,16° C	0° C	100° C
Fahrenheit (anglosajón)	−459,69° F	32° F	212° F

Conversión de temperaturas

1° K = 1° C = (180:100 =) 9/5 = 1,8° F; 1° F = (100:180 =) 5/9 = 0,5556° C

° C = 5/9 × (°F − 32); °F = 9/5 × °C + 32 (Tablas 19.2 y 20.2).

Cantidad de calor. —La unidad de calor es la caloría (gramocaloría), que representa el calor necesario para elevar de 14,5° a 15,5° a presión normal (760 Torr) 1 gramo de agua; generalmente se emplea como unidad de calor la kilocaloría.

La caloría está relacionada por medio del julio (unidad de trabajo, de la que puede considerarse como múltiplo) con las unidades mecánicas y eléctricas.

1 cal = 4,1868 julios; en el Sistemas Internacional 1 cal = 4,18604 J.

En el sistema anglosajón la unidad de calor es 1 Btu, cantidad de calor necesario para elevar la temperatura de una libra de agua 1° F a una temperatura preestablecida (generalmente 39 ó 60 °F).

1 kcal = 4186,04 J = 426,928 kgm = 3,96832 Btu (Sistema Internacional).

Propiedades térmicas de los cuerpos

Punto de fusión. —Es la temperatura a la cual los cuerpos sólidos se liquidan o a la que estando líquidos se solidifican (Tabla 5.3).

Calor latente de fusión. —Es el número de calorías necesarias para hacer pasar 1 kg de un cuerpo del estado sólido al líquido, a temperatura y presión constante; al solidificarse el líquido desprende la misma cantidad de calor absorbida (Tabla 5.3).

Punto de ebullición. —Es la temperatura a la cual los cuerpos líquidos hierven.

Calor latente de vaporización. —Es el número de calorías necesarias para hacer pasar 1 kg de un cuerpo del estado líquido al gaseoso, a temperatura y presión constante; al liquidarse el vapor desprende la misma cantidad de calor absorbida (Tabla 5.3).

Calor específico. —Es la cantidad de calor necesaria para elevar 1° C la temperatura de la unidad de masa de un cuerpo, generalmente cal/kg (Tabla 6.3).

Potencia calorífica. —Es el número de calorías que desprende 1 kg de un cuerpo (combustible) desde que empieza a arder hasta que los productos de la combustión se han enfriado volviendo a la temperatura inicial del cuerpo. Si los producto de la combustión tienen vapor acuoso y éste se condensa se considera la potencia calorífica superior P_s, y la potencia calorífica inferior P_i si el vapor no se ha condensado (Tabla 7.3); se tiene:

$$P_s = P_i + 600$$

Coeficiente de conductibilidad. —Es el número de kilocalorías que pasan por metro cuadrado de sección de un cuerpo durante una hora, habiendo una diferencia o salto de temperatura de 1° C por metro de recorrido, kcal × m (hora m² °C). Tabla 8.3.

Unidades derivadas	***CONVERSIÓN DE GRADOS CENTÍGRADOS EN GRADOS FAHRENHEIT***	TABLA 19 . 2

1° C = 1,8° F 2° C = 3,6° F	3° C = 5,4° F 4° C = 7,2° F	5° C = 9,0° F 6° C = 10,8° F	7° C = 12,6° F 8° C = 14,4° F	9° C = 16,2° F 10° C = 18,0° F

°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F	°C	°F
−250	−418	31	87,8	81	177,8	131	267,8	181	357,8	550	1022
−200	−328	32	89,6	82	179,6	132	269,6	182	359,6	600	1112
−150	−238	33	91,4	83	181,4	133	271,4	183	361,4	650	1202
−100	−148	34	93,2	84	183,2	134	273,2	184	363,2	700	1292
− 50	− 58	35	95,0	85	185,0	135	275,0	185	365,0	750	1382
− 40	− 40	36	96,8	86	186,8	136	276,8	186	366,8	800	1472
− 30	− 22	37	98,6	87	188,6	137	278,6	187	368,6	850	1562
− 20	− 4,0	38	100,4	88	190,4	138	280,4	188	370,4	900	1652
− 17,78	**0**	39	102,2	89	192,2	139	282,2	189	372,2	950	1742
− 12	10,4	40	104,0	90	194,0	140	284,0	190	374,0	1000	1832
− 10	14,0	41	105,8	91	195,8	141	285,8	191	375,8	1050	1928
− 8	17,6	42	107,6	92	197,6	142	287,6	192	377,6	1100	2012
− 7	19,4	43	109,4	93	199,4	143	289,4	193	379,4	1150	2102
− 6	21,2	44	111,2	94	201,2	144	291,2	194	381,2	1200	2192
− 5	23,0	45	113,0	95	203,0	145	293,0	195	383,0	1250	2282
− 4	24,8	46	114,8	96	204,8	146	294,8	196	384,8	1300	2372
− 3	26,6	47	116,6	97	206,6	147	296,6	197	386,6	1350	2462
− 2	28,4	48	118,4	98	208,4	148	298,4	198	388,4	1400	2552
− 1	30,2	49	120,2	99	210,2	149	300,2	199	390,2	1450	2642
0	**32,0**	50	122,0	**100**	**212,0**	150	302,0	200	392,0	1500	2732
+ 1	33,8	51	123,8	101	213,8	151	303,8	210	410	1550	2822
2	35,6	52	125,6	102	215,6	152	305,6	220	428	1600	2912
3	37,4	53	127,4	103	217,4	153	307,4	230	446	1700	3092
4	39,2	54	129,2	104	219,2	154	309,2	240	464	1800	3272
5	41,0	55	131,0	105	221,0	155	311,0	250	482	1900	3452
6	42,8	56	132,8	106	222,8	156	312,8	260	500	2000	3632
7	44,6	57	134,6	107	224,6	157	314,6	270	518	2100	3812
8	46,4	58	136,4	108	226,4	158	316,4	280	536	2200	3992
9	48,2	59	138,2	109	228,2	159	318,2	290	534	2300	4172
10	50,0	60	140,0	110	230,0	160	320,0	300	572	2400	4352
11	51,8	61	141,8	111	231,8	161	321,8	310	590	2500	4532
12	53,6	62	143,6	112	233,6	162	323,6	320	608	2600	4712
13	55,4	63	145,4	113	235,4	163	325,4	330	626	2700	4892
14	57,2	64	147,2	114	237,2	164	327,2	340	644	2800	5072
15	59,0	65	149,0	115	239,0	165	329,0	350	662	2900	5252
16	60,8	66	150,8	116	240,8	166	330,8	360	680	3000	5432
17	62,6	67	152,6	117	242,6	167	332,6	370	698	3100	5612
18	64,4	68	154,4	118	244,4	168	334,4	380	716	3200	5792
19	66,2	69	156,2	119	246,2	169	336,2	390	734	3300	5972
20	68,0	70	158,0	120	248,0	170	338,0	400	752	3400	6152
21	69,8	71	159,8	121	249,8	171	339,8	410	770	3500	6332
22	71,6	72	161,6	122	251,6	172	341,6	420	788	3600	6512
23	73,4	73	163,4	123	253,4	173	343,4	430	806	3700	6692
24	75,2	74	165,2	124	255,2	174	345,2	440	824	3800	6872
25	77,0	75	167,0	125	257,0	175	347,0	450	842	3900	7052
26	78,0	76	168,8	126	258,8	176	348,8	460	860	4000	7232
27	80,6	77	170,6	127	260,6	177	350,6	470	878	4250	7682
28	82,4	78	172,4	128	262,4	178	352,4	480	896	4500	8132
29	84,2	79	174,2	129	264,2	179	354,2	490	914	4750	8582
30	86,0	80	176,0	130	266,0	180	356,0	500	932	5000	9032

Aplicación. — Convertir 4225 °C de temperatura en °F. — 4225 °C = 7232 + 392 − 32 + 77 − 32 = 7637°F

También 4225 °C = 4225 × 1,8 + 32 = 7605 + 32 = 7637°F

Unidades derivadas	CONVERSIÓN DE GRADOS FAHRENHEIT EN GRADOS CENTIGRADOS	TABLA 20 . 2

1° F = 0,5556° C	*3° F = 1,6667° C*	*5° F = 2,7778° C*	*7° F = 3,8889° C*	*9° F = 5,0000° C*
2° F = 1,1111° C	*4° F = 2,2222° C*	*6° F = 3,3333° C*	*8° F = 4,4444° C*	*10° F = 5,5556° C*

°F	*= °C*	*°F*	*= °C*	*°F*	*= °C*	*°F*	*= °C*	*°F*	*= °C*	*°F*	*= °C*
-450	--	36	2,222	86	30,000	136	57,778	186	85,556	400	204,445
300	–	37	2,778	87	30,556	137	58,333	187	86,111	450	232,222
–250	–156,666	38	3,333	88	31,111	138	58,889	188	86,667	500	260,000
–200	–128,889	39	3,889	89	31,667	139	59,444	189	87,222	550	287,778
–150	–101,111	40	4,444	90	32,222	140	60,000	190	87,778	600	315,556
– 100	– 73,333	41	5,000	91	32,778	141	60,556	191	88,333	650	343,333
– 80	– 62,222	42	5,556	92	33,333	142	61,111	192	88,889	700	371,111
– 60	– 51,111	43	6,111	93	33,889	143	61,667	193	89,444	750	398,889
– 50	– 45,556	44	6,667	94	34,445	144	62,222	194	90,000	800	426,667
– 40	– 40,000	45	7,222	95	35,000	145	62,778	195	90,556	850	454,444
– 30	– 34,444	46	7,778	96	35,556	146	63,333	196	91,111	900	482,222
– 20	– 28,889	47	8,333	97	36,111	147	63,889	197	91,667	950	510,000
– 10	– 23,333	48	8,889	98	36,667	148	64,444	198	92,222	1000	537,778
– 1	– 18,333	49	9,444	99	37,222	149	65,000	199	92,778	1100	593,333
0	– 17,778	50	10,000	100	37,778	150	65,556	200	93,333	1200	648,889
1	– 17,222	51	10,556	101	38,333	151	66,111	201	93,889	1300	704,444
2	– 16,667	52	11,111	102	38,889	152	66,667	202	94,444	1350	732,222
3	– 16,111	53	11,667	103	39,444	153	67,222	203	95,000	1400	760,000
4	– 15,556	54	12,222	104	40,000	154	67,778	204	95,555	1450	787,778
5	– 15,000	55	12,778	105	40,556	155	68,333	205	96,111	1500	815,556
6	– 14,444	56	13,333	106	41,111	156	68,889	206	96,667	1600	871,111
7	– 13,889	57	13,889	107	41,667	157	69,444	207	97,222	1700	926,667
8	– 13,333	58	14,444	108	42,222	158	70,000	208	97,778	1800	982,222
9	– 12,778	59	15,000	109	42,778	159	70,556	209	98,333	1900	1037,78
10	– 12,222	60	15,556	110	43,333	160	71,111	210	98,889	2000	1093,33
11	– 11,677	61	16,111	111	43,889	161	71,667	211	99,444	2200	1204,45
12	– 11,111	62	16,667	112	44,444	162	72,222	**212**	**100,000**	2400	1315,56
13	– 10,556	63	17,222	113	45,000	163	72,778	213	100,556	2600	1426,67
14	– 10,000	64	17,778	114	45,556	164	73,333	214	101,111	2800	1537,78
15	– 9,444	65	18,333	115	46,111	165	73,889	215	101,667	3000	1648,89
16	– 8,889	66	18,889	116	46,667	166	74,444	216	102,222	3200	1760,00
17	– 8,333	67	19,444	117	47,222	167	75,000	217	102,778	3400	1871,11
18	– 7,778	68	20,000	118	47,778	168	75,556	218	103,333	3600	1982,22
19	– 7,222	69	20,556	119	48,333	169	76,111	219	103,889	3800	2093,33
20	– 6,667	70	21,111	120	48,889	170	76,667	220	104,444	4000	2204,44
21	– 6,111	71	21,667	121	49,444	171	77,222	221	105,000	4200	2315,56
22	– 5,556	72	22,222	122	50,000	172	77,778	222	105,556	4400	2426,67
23	– 5,000	73	22,778	123	50,556	173	78,333	223	106,111	4600	2537,78
24	– 4,444	74	23,333	124	51,111	174	78,889	224	106,667	4800	2648,89
25	– 3,889	75	23,889	125	51,667	175	79,444	225	107,222	5000	2760,00
26	– 3,333	76	24,444	126	52,222	176	80,000	230	110,000	5200	2871,11
27	– 2,778	77	25,000	127	52,778	177	80,556	240	115,556	5400	2982,22
28	– 2,222	78	25,556	128	53,333	178	81,111	250	121,111	5600	3093,33
20	– 1,667	79	26,111	129	53,889	179	81,667	260	126,667	5800	3204,44
30	– 1,111	80	26,667	130	54,444	180	82,222	280	137,778	6000	3315,56
31	– 0,556	81	27,222	131	55,000	181	82,778	300	148,889	6500	3593,33
32	0	82	27,778	132	55,556	182	83,333	320	160,000	7000	3871,11
33	0,556	83	28,333	133	56,111	183	83,889	340	171,111	7500	4148,89
34	1,111	84	28,889	134	56,667	184	84,444	360	182,222	8000	4426,67
35	1,667	85	29,444	135	57,222	185	85,000	380	193,333	9000	4982,22

Aplicación. — Convertir 4235 °F = 2204 + 93,333 + 32 × 5/9 + 1,667 + 32 × 5/9 = 2334,994 °C

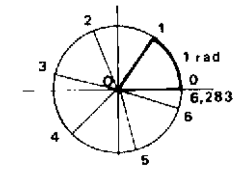
También 4235 °F = (4235 – 32) × 5/9 = 2335°C

Unidades suplementarias	*ÁNGULO PLANO*

Unidades de medida y sus divisiones

El radián es un ángulo central que intercepta sobre la circunferencia un arco igual a la longitud del radio.

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2 \cdot \pi}$$



DIVISIÓN EN RADIANES

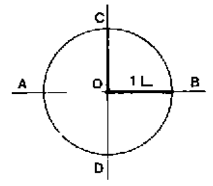
$$\text{Arco de } 1 \text{ rad} = \frac{C}{2 \cdot \pi}$$

$$1 \text{ rad} = \frac{360^\circ}{2 \cdot \pi} = 57{,}2957795^\circ$$

$$1 \text{ rad} = \frac{400^g}{2 \cdot \pi} = 63{,}66197722^g$$

Otra unidad de medida angular, es el ángulo recto o cuadrante de círculo.

La suma de los ángulos que se pueden formar alrededor de un punto es igual a 4 ángulos rectos.



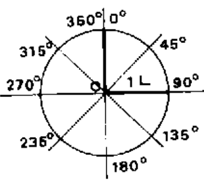
ÁNGULO RECTO

En la circunferencia, los cuadrantes corresponden a cuatro ángulos rectos, formados por dos diámetros que se cortan perpendicularmente.

La circunferencia se divide en 360 partes iguales o arcos de 1 grado, correspondientes a ángulos centrales de 1°.

$$1^\circ = \frac{1L}{90}$$

$$\text{Arco de } 1^\circ = \frac{C}{360}$$



DIVISIÓN SEXAGESIMAL

Los grados se dividen en 60 partes iguales o minutos, y los minutos en 60 partes iguales o segundos de grado.

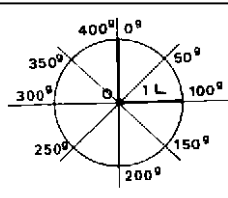
$$1' = \frac{1^\circ}{60} \text{ ; arco } 1' = \frac{C}{21\,600}$$

$$1'' = \frac{1^\circ}{3\,600} = \frac{1'}{60} \text{ ; arco } 1'' = \frac{C}{1\,296\,000}$$

La circunferencia se divide en 400 partes iguales o arcos de 1 grado centesimal, correspondiente a ángulos centrales de 1^g

$$1^g = \frac{1L}{100}$$

$$\text{Arco de } 1^g = \frac{C}{400}$$



DIVISIÓN CENTESIMAL

Los grados se dividen en 100 partes iguales o minutos centesimales, y los minutos en 100 partes iguales o segundos centesimales.

$$1' = \frac{1^g}{100} \text{ ; arco de } 1' = \frac{C}{40\,000}$$

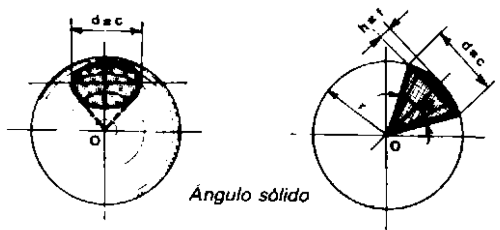
$$1'' = \frac{1^g}{10\,000} = \frac{1'}{100} \text{ ; arco } 1'' = \frac{C}{4\,000\,000}$$

Magnitudes angulares	**EQUIVALENCIAS ANGULARES**						TABLA 21 . 2
ANGULO RECTO	SEXAGESIMAL			CENTESIMAL			RADIAN
	Grados	Minutos	Segundos	Grados	Minutos	Segundos	
1	90	5400	324000	100	10.000	1.000.000	1,57079635
0,01111111	1	60	3 600	1,11111111	111,11111	11111,111	0,01745329
0,00018518	0,01666667	1	60	0,01851852	1,8518518	185,18518	0,00029089
0,00000309	0,00027778	0,16666667	1	0,00030864	0,0308642	3,08642	0,00000485
0,01	0,9	54	3240	1	100	10.000	0,01570796
0,0001	0,009	0,54	32,4	0,01	1	100	0,00015708
0,000001	0,00009	0,0054	0,324	0,0001	0,01	1	0,00000157
0,63662	57,29578	3437,7467	206264,8	63,66198	6366,198	636619,8	1

Unidades suplementarias	ÁNGULO SÓLIDO

Ángulo sólido ω. – Es una parte de espacio limitado por una superficie cónica (recta). La unidad de ángulo sólido, es la parte de esfera (casquete) de radio unidad, interceptada por un cono cuyo vértice coincide con el centro de la esfera, siendo la superficie interpretada $S = r^2$, igual a un estereorradián (1 sr, unidad de ángulo sólido). El valor de todo ángulo sólido es $S/r^2 = n$ estereorradianes.

Como la superficie de la esfera es $S = 4\pi r^2$, el valor del ángulo sólido que la comprende es de 4π; por consiguiente, todo ángulo sólido está comprendido entre cero y 12,56637 estereorradianes.



Ángulo sólido

En todo ángulo sólido, $\cos \frac{\alpha}{2} = 1 - \frac{sr}{2\pi}$; $f = 1 - \cos \frac{\alpha}{2}$; $c = 2 \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}$.

También $sr = 2\pi \left(1 - \cos \frac{\alpha}{2}\right)$, *siendo* α *el ángulo plano de abertura del cono.*

Para $sr = 1$, $\alpha = 65°32'28''$, $f = 0,159155$ *y* $c = 1,082552$

Magnitudes angulares	ÁNGULO SÓLIDO Valores en función del ángulo plano α	TABLA 22 · 2

α/2	sr	f	c	α/2	sr	f	c	α/2	sr	f	c
1°	0,00096	0,00015	0,0349	31°	0,8974	0,1428	1,0301	61°	3,2370	0,5152	1,7492
2°	0,00383	0,00061	0,0698	32°	0,9547	0,1520	1,0598	62°	3,3334	0,5305	1,7659
3°	0,00861	0,00137	0,1047	33°	1,0137	0,1613	1,0893	63°	3,4307	0,5460	1,7820
4°	0,0153	0,00244	0,1395	34°	1,0742	0,1710	1,1184	64°	3,5288	0,5616	1,7976
5°	0,0239	0,00380	0,1743	35°	1,1363	0,1808	1,1472	65°	3,6278	0,5774	1,8126
6°	0,0344	0,00548	0,2091	36°	1,2000	1,1910	1,1756	66°	3,7276	0,5933	1,8271
7°	0,0468	0,00745	0,2437	37°	1,2652	0,2014	1,2036	67°	3,8281	0,6093	1,8410
8°	0,0611	0,00973	0,2783	38°	1,3320	0,2120	1,2313	68°	3,9295	0,6254	1,8544
9°	0,0774	0,0123	0,3129	39°	1,4002	0,2229	1,2586	69°	4,0315	0,6416	1,8672
10°	0,0955	0,0152	0,3473	40°	1,4700	0,2340	1,2856	70°	4,1342	0,6580	1,8794
11°	0,1154	0,0184	0,3816	41°	1,5412	0,2453	1,3121	71°	4,2376	0,6744	1,8910
12°	0,1373	0,0219	0,4158	42°	1,6139	0,2569	1,3383	72°	4,3416	0,6910	1,9021
13°	0,1610	0,0256	0,4499	43°	1,6880	0,2686	1,3640	73°	4,4462	0,7076	1,9126
14°	0,1866	0,0297	0,4838	44°	1,7634	0,2807	1,3893	74°	4,5513	0,7244	1,9225
15°	0,2141	0,0341	0,5176	45°	1,8403	0,2929	1,4142	75°	4,6570	0,7412	1,9319
16°	0,2434	0,0387	0,5513	46°	1,9185	0,3053	1,4387	76°	4,7631	0,7581	1,9406
17°	0,2745	0,0437	0,5847	47°	1,9981	0,3180	1,4627	77°	4,8698	0,7750	1,9487
18°	0,3075	0,0489	0,6180	48°	2,0789	0,3309	1,4863	78°	4,9768	0,7921	1,9563
19°	0,3423	0,0545	0,6511	49°	2,1610	0,3439	1,5094	79°	5,0843	0,8092	1,9633
20°	0,3789	0,0603	0,6840	50°	2,2444	0,3572	1,5321	80°	5,1921	0,8264	1,9696
21°	0,4173	0,0664	0,7167	51°	2,3290	0,3707	1,5543	81°	5,3003	0,8437	1,9753
22°	0,4575	0,0728	0,7492	52°	2,4149	0,3843	1,5760	82°	5,4087	0,8608	1,9805
23°	0,4995	0,0795	0,7815	53°	2,5019	0,3982	1,5973	83°	5,5175	0,8781	1,9851
24°	0,5432	0,0865	0,8135	54°	2,5900	0,4122	1,6180	84°	5,6264	0,8955	1,9890
25°	0,5887	0,0937	0,8452	55°	2,6793	0,4264	1,6383	85°	5,7356	0,9128	1,9923
26°	0,6359	0,1012	0,8767	56°	2,7697	0,4408	1,6581	86°	5,8449	0,9302	1,9951
27°	0,6848	0,1090	0,9080	57°	2,8611	0,4554	1,6773	87°	5,9543	0,9477	1,9973
28°	0,7355	0,1171	0,9389	58°	2,9536	0,4701	1,6961	88°	6,0639	0,9651	1,9988
29°	0,7878	0,1254	0,9696	59°	3,0471	0,4850	1,7143	89°	6,1735	0,9825	1,9997
30°	0,8418	0,1340	1,0000	60°	3,1416	0,5000	1,7321	90°	6,2832	1,0000	2,0000

SECCIÓN TERCERA

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS CUERPOS

Elementos y cuerpos	**ELEMENTOS QUIMICOS** *Relación alfabética y atómica*										TABLA 1 . 3
Elemento	*Símbolo*	*Nº at.*	*Elemento*	*Símbolo*	*Nº at.*	*Nº at.*	*Elemento*	*Peso atómico*	*Nº at.*	*Elemento*	*Peso atómico*
Actinio	Ac	89	Magnesio	Mg	12	1	Hidrógeno	1,008	53	Yodo	126,92
Alumínio	Al	13	Manganeso	Mn	25	2	Helio	4,003	54	Xenón	131,30
Americio	Am	95	Mendelevio	Md	101	3	Litio	6,94	55	Cesio	132,91
Antimonio	Sb	51	Mercurio	Hg	80	4	Berilio	9,013	56	Bario	137,36
Argón	A	18	Molibdeno	Mo	42	5	Boro	10,82	57	Lantano	138,92
Arsénico	As	33	Neodimio	Nd	60	6	Carbono	12,011	58	Cerio	140,13
Astatino	At	85	Neón	Ne	10	7	Nitrógeno	14,008	59	Praseodimio	140,91
Azufre	S	16	Neptunio	Np	93	8	Oxígeno	16,00	60	Neodimio	144,27
Bario	Ba	56	Niobio	Nb	41	9	Flúor	19,00	61	Promecio	147,00
Berilio	Be	4	Niquel	Ni	28	10	Neón	20,183	62	Samario	150,43
Berkelio	Bk	97	Nitrógeno	N	7	11	Sodio	22,991	63	Europio	152,80
Bismuto	Bi	83	Nobelio	No	102	12	Magnesio	24,32	64	Gadolinio	156,80
Boro	B	5	Oro	Au	79	13	Aluminio	26,98	65	Terbio	158,93
Bromo	Br	35	Osmio	Os	76	14	Silicio	28,06	66	Disprosio	162,46
Cadmio	Cd	48	Oxigeno	O	8	15	Fósforo	30,98	67	Holmio	164,94
Calcio	Ca	20	Paladio	Pd	46	16	Azufre	32,066	68	Erbio	167,20
Californio	Cf	98	Plata	Ag	47	17	Cloro	35,457	69	Tulio	168,94
Carbono	C	6	Platino	Pt	78	18	Argón	39,444	70	Iterbio	173,04
Cerio	Ce	58	Plomo	Pb	82	19	Potasio	39,096	71	Lutecio	174,99
Cesio	Cs	55	Plutonio	Pu	94	20	Calcio	40,08	72	Hafnio	178,60
Cloro	Cl	17	Polonio	Po	84	21	Escandio	45,10	73	Tantalio	180,95
Cobalto	Co	27	Potasio	K	19	22	Titanio	47,90	74	Wolframio	183,92
Cobre	Cu	29	Praseodimio	Pr	59	23	Vanadio	50,95	75	Renio	186,31
Criptón	Kr	36	Promecio	Pm	61	24	Cromo	52,01	76	Osmio	190,20
Cromo	Cr	24	Protactinio	Pa	91	25	Manganeso	54,94	77	Iridio	192,20
Curio	Cm	96	Radio	Ra	88	26	Hierro	55,85	78	Platino	195,23
Disprosio	Dy	66	Radón	Rn	86	27	Cobalto	58,94	79	Oro	197,00
Einstenio	E	99	Renio	Re	75	28	Niquel	58,69	80	Mercurio	200,61
Erbio	Er	68	Rodio	Rh	45	29	Cobre	63,54	81	Talio	204,39
Escandio	Sc	21	Rubidio	Rb	37	30	Zinc	65,38	82	Plomo	207,21
Estaño	Sn	50	Rutenio	Ru	44	31	Galio	69,72	83	Bismuto	209,00
Estroncio	Sr	38	Samario	Sm	62	32	Germanio	72,60	84	Polonio	210,00
Europio	Eu	63	Selenio	Se	34	33	Arsénico	74,91	85	Astatino	210,00
Fermio	Fm	100	Silicio	Si	14	34	Selenio	78,96	86	Radón	222,00
Flúor	F	9	Sodio	Na	11	35	Bromo	79,916	87	Francio	223,00
Fósforo	P	15	Talio	Tl	81	36	Criptón	83,80	88	Radio	226,05
Francio	Fr	87	Tantalio	Ta	73	37	Rubidio	85,48	89	Actinio	227,00
Gadolino	Gd	64	Tecnecio	Tc	43	38	Estroncio	87,63	90	Torio	232,05
Galio	Ga	31	Teluro	Te	52	39	Itrio	88,92	91	Protactinio	231,00
Germanio	Ge	32	Terbio	Tb	65	40	Zirconio	91,22	92	Uranio	238,07
Hafnio	Hf	72	Titanio	Ti	22	41	Niobio	92,91	93	Neptunio	237,00
Helio	He	2	Torio	Th	90	42	Molibdeno	95,95	94	Plutonio	239,00
Hidrógeno	H	1	Tulio	Tm	69	43	Tecnecio	99,00	95	Americio	241,00
Hierro	Fe	26	Uranio	U	92	44	Rutenio	101,10	96	Curio	245,00
Holmio	Ho	67	Vanadio	V	23	45	Rodio	102,91	97	Berkelio	245,00
Indio	In	49	Wolframio	W	74	46	Paladio	106,70	98	Californio	248,00
Iridio	Ir	77	(Tungsteno)			47	Plata	107,88	99	Einstenio	253,00
Iterbio	Yb	70	Xenón	X	54	48	Cadmio	112,41	100	Fermio	255,00
Itrio	Y	39	Yodo	I	53	49	Indio	114,76	101	Mendelevio	256,00
Lantano	La	57	Zinc	Zn	30	50	Estaño	118,70	102	Nobelio	253,00
Litio	Li	3	Zirconio	Zr	40	51	Antimonio	121,76	103	Laurencio	257,00
Lutecio	Lu	71				52	Teluro	127,61	104	Curciatovio	260,00

Elementos y cuerpos	COMPUESTOS QUÍMICOS DE INTERÉS	TABLA 2, . 3

NOMBRE	DESIGNACION	FORMULA	Peso molecular
Aceite de vitriolo	Ácido sulfúrico concentrado	SO_4H_2	98,07
Acetileno	Acetileno	C_2H_2	26,04
Acetona	Acetona	$CH_3 \cdot CO \cdot CH_3$	58,08
Ácido acético	Ácido acético	$CH_3 \cdot CO_2H$	60,05
Ácido bórico	Ácido bórico	BO_3H_3	61,84
Ácido carbónico	Anhídrido carbónico	CO_2	44,01
Ácido clorhídrico	Ácido clorhídrico	ClH	36,47
Ácido fluorhídrico	Ácido fluorhídrico	FH	20,01
Ácido nítrico	Ácido nítrico	NO_3H	63,02
Ácido sulfhídrico	Sulfuro de hidrógeno	SH_2	34,08
Ácido sulfúrico	Ácido sulfúrico (aceite de vitriolo)	SO_4H_2	98,08
Ácido sulfuroso	Anhídrido sulfuroso	SO_2	64,07
Agua	Agua	H_2O	18,02
Agua oxigenada	Peróxido de hidrógeno	H_2O_2	34,02
Agua regia	1 Acido nítrico + 3 ácido clorhídrico	—	34,02
Albayalde	Carbonato de plomo	$Pb(OH)_2 \cdot 2PbCO_3$	787,68
Alcohol etílico	Etanol	$C_2H_5 \cdot OH$	46,07
Alcohol metílico	Metanol	$CH_3 \cdot OH$	32,04
Alumbre	Sulfato alumínico potásico	$AlK(SO_4)_2 + 12H_2O$	474,40
Alúmina (arcilla)	Óxido de aluminio	Al_2O_3	101,96
Amoniaco	Amoniaco	NH_3	17,03
Anhídrido carbónico	Anhídrido carbónico	CO_2	44,01
Anhídrido silícico	Sílice	SiO_2	60,06
Anilina	Fenil-anilina	$C_6H_5 \cdot NH_3$	94,14
Arsénico blanco	Anhídrido arsenioso	As_2O_3	197,82
Barita	Óxido de bario	BaO	153,36
Bauxita	Hidrato de alúmina	$Al_2O_3 \cdot H_2O$	119,98
Bencina	Bencina (hidrocarburos)	C_nH_{2n+2} (n = 5 a 12)	
Benzol	Benzol	C_6H_6	78,11
Bicarbonato de sosa	Bicarbonato sódico	$NaHCO_3$	84,01
Blanco de España	Creta	$CaCO_3$	100,09
Blanco de plomo	Carbonato de plomo	$Pb(OH)_2 \cdot 2PbCO_3$	775,67
Blanzo de zinc	Óxido de zinc	ZnO	81,38
Blenda	Sulfuro de zinc	SZn	97,45
Bórax	Tetraborato sódico	$Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$	381,42
Bromuro de plata	Bromuro de plata	$AgBr$	187,80
Cal apagada	Hidróxido cálcico	$Ca(OH)_2$	74,10
Cal viva	Óxido de calcio	CaO	56,08
Caliza	Carbonato de cal	$CaCO_3$	100,09
Calomelanos	Cloruro de mercurio	Cl_2Hg_2	472,13
Caolín (tierra de porcelana)	Silicato alumínico hidratado	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 + 2H_2O$	258,11
Carbonato de sodio	Sosa cristalizada	$CO_3Na_2 \cdot 10H_2O$	286,15
Carbonato sólido anhidro	Sosa calcinada	CO_3Na_2	105,99
Carborundo	Carburo de silicio	CSi	40,07
Carburo	Carburo de calcio	C_2Ca	64,10
Casiterita	Óxido de estaño	SnO_2	150,70
Cinabrio	Sulfuro de mercurio	SHg	232,68
Cloroformo	Cloroformo	Cl_3CH	119,39
Cloruro cálcico	Cloruro cálcico anhidro	Cl_2Ca	110,99
Cloruro estánnico	Cloruro estañoso	Cl_4Sn	260,53
Cloruro zíncico	Agua de soldar	Cl_2Zn	136,29
Corindón (esmeril)	Óxido de aluminio	Al_2O_3	101,96
Criolita	Fluoruro doble de aluminio y sodio	$F_3Al \cdot 3FNa$	209,95
Cromato amarillo	Cromato potásico	CrO_4K_2	194,20

Elementos y cuerpos	*COMPUESTOS QUÍMICOS DE INTERES*	TABLA 2. 3

NOMBRE	*DESIGNACION*	*FORMULA*	*Peso molecular*
Dolomía	Carbonato de calcio y magnesio	$(CO_3)_2CaMg$	184,42
Eter sulfúrico	Eter dietílico	$C_2H_5 \cdot O \cdot C_2H_5$	74,12
Fenol	Alcohol fenílico	$C_6H_5 \cdot HO$	94,11
Galena	Sulfuro de plomo	SPb	239,28
Gas de los pantanos (grisú)	Metano	CH_4	16,04
Gas hilarante	Oxido nitroso	N_2O	44,02
Glicerina	Propanotriol	$C_3H_8O_3$	92,10
Hipoclorito potásico	Agua de Javelle	$ClOK$	90,55
Hipoclorito sódico	Agua de Larrabaque	$ClONa$	74,45
Hiposulfito sódico	Tiosulfato sódico	$S_2O_3Na \cdot 5H_2O$	248,19
Litargirio	Óxido de plomo	PbO	223,21
Litopón	Mezcla de sulfuro de zinc y sulfato de bario	$SZn + SO_4Ba$	
Magnesia	Óxido de magnesio	MgO	40,32
Mercurio fulminante	Fulminato de mercurio	$(CON)_2Hg + \frac{1}{2}H_2O$	293,66
Minio de plomo	Ortoplumbato plúmbico	Pb_3O_4	685,63
Naftalina	Naftaleno	$C_{10}H_8$	128,18
Nitro de Chile	Nitrato sódico	NO_3Na	85,00
Ocre de bismuto	Óxido de bismuto	Bi_2O_3	466,00
Ocre rojo (hematites, oligisto)	Óxido férrico	Fe_2O_3	159,20
Oropimente	Trisulfuro de arsénico	S_3As_2	246,02
Óxido de carbono	Óxido de carbono	CO	28,01
Óxido de cromo	Óxido de cromo	Cr_2O_3	152,02
Perborato	Borato sódico peroxidado	$BO_2Na \cdot H_2O_2 \cdot 3H_2O$	153,88
Permanganato	Permanganato potásico	MnO_4K	158,04
Piedra infernal	Nitrato de plata	NO_3Ag	169,89
Pirolusita	Bióxido de manganeso	MnO_2	86,94
Potasa	Carbonato potásico	CO_3K_2	138,20
Potasa cáustica	Hidróxido potásico	KOH	56,10
Prusiato amarillo	Ferrocianuro potásico	$(CN)_6FeK_4 \cdot 3H_2O$	422,40
Prusiato rojo	Ferrocianuro potásico	$(CN)_6FEK_3$	329,25
Rejalgar	Tetrasulfuro de arsénico	S_4As_4	427,90
Sal amarga	Sulfato de magnesio	$SO_4Mg + 7H_2O$	246,50
Sal amoniaco	Cloruro amónico	$ClNH_4$	53,50
Sal común (de cocina)	Cloruro sódico	$ClNa$	58,45
Sal de fijar	Hiposulfito sódico	$S_2O_3Na_2 \cdot 5H_2O$	248,19
Sal de Glauber	Sulfato sódico	$SO_4Na_2 \cdot 10H_2O$	322,21
Salitre potásico	Nitrato potásico	NO_3K	101,10
Salitre sódico	Nitrato sódico	NO_3Na	85,00
Sosa calcinada	Carbonato sódico anhidro	CO_3Na_2	105,99
Sosa cáustica	Hidróxido sódico	$NaOH$	40,00
Sosa cristalizada	Carbonato sódico	$CO_3Na_2 \cdot 10H_2O$	286,15
Sublimado	Cloruro mercúrico	Cl_2Hg	271,52
Talco	Silicato de magnesio	$4SiO_2 \cdot 3MgO \cdot H_2O$	379,22
Tetra	Tetracloruro de carbono	Cl_4C	153,84
Tricloretileno	Tricloretileno	Cl_3C_2H	131,40
Vidrio soluble	Silicato alcalino (sódico o potásico)	SiO_3K_2 ó SiO_3Na_2	154,25 ó 122,04
Vinagre	Acido acético diluido	$C_2H_4O_2$	60,05
Vitriolo azul	Sulfato de cobre	$SO_4Cu \cdot 5H_2O$	249,69
Vitriolo blanco	Sulfato de zinc	$SO_4Zn \cdot 7H_2O$	287,56
Vitriolo verde	Sulfato de hierro	$SO_4Fe \cdot 7H_2O$	278,02
Yeso	Sulfato cálcico cristalizado	$SO_4Ca + 2H_2O$	172,18

Nota. El peso molecular es igual a la suma de los pesos atómicos contenidos en una molécula del compuesto

Elementos y cuerpos	***PESO ESPECÍFICO (POR UNIDAD DE VOLUMEN)*** ***(1 Kg/dm³ = 62,42795 lb/pie³)***	TABLA 3. . 3

CUERPOS SÓLIDOS

Cuerpos	*Peso específico*	*Lb/pie³*	*Cuerpos*	*Peso específico*	*Lb/pie³*
Acero al carbono	7,85	490	Cadmio	8,65	539
Acero al cobalto	8,0	499	Café tostado	0,3-0,5	18,7-31,2
Acero al niquel	8,1-8,2	506-512	Cal apagada	1,0-1,3	62-81
Acero al wolframio	8,2	512	Cal viva	1,3	81
Acetato de plomo	2,4	150	Calamina	4,1-4,5	256-281
Acido fosforoso	1,65	103	Calcio	1,5	96
Acido pícrico	1,77	110	Caliza	2,2-2,8	162-175
Acido salicílico	1,48	92	Caolín	2,2-2,6	137-162
Ágata	2,5-2,8	165-175	Carbón de leña	0,4	25
Alabastro	2,3-2,8	144-175	Carborundo	3,1-3,2	194-200
Albayalde	6,7	418	Carburo de calcio	2,2	137
Albumina	1,04	65	Caucho	0,95-1,6	75-100
Alcanfor	0,99	62	Celuloide	1,4	87
Almidón troceado	1,53	96	Cemento (fraguado)	2,3-2,4	144-150
Alpaca (argentón)	8,5	531	Cemento de escorias	1,05	66
Alquitrán	0,9-1,2	56-75	Cera	0,95-1,0	59-62
Alumbre (potasa)	1,7	106	Cerio	6,8	424
Aluminio	2,7	169	Cesio	1,87	117
Aluminio (aleaciones)	2,6-2,8	162-175	Cinabrio	8,0-8,3	499-518
Ámbar	1,0-1,1	62-69	Cobalto	8,8	549
Amianto	2,1-2,8	131-175	Cobre	8,9	556
Antimonio	6,7	418	Cola	1,2-1,3	75-81
Antracita	1,4-1,7	87-106	Constantan	8,8	549
Arcilla	1,2-1,6	75-100	Coque	1,4-1,8	100-112
Arena	1,5-1,6	94-100	Corcho	0,2-0,35	12-22
Arena de pómez	0,7-0,8	44-50	Corindón	3,9	243
Arenisca (piedra)	2,5-2,7	162-169	Cuarzo	2,5-2,8	156-175
Arsénico	5,7-5,9	356-368	Cuero	0,8-1,0	50-62
Asbesto	2,4-2,8	150-175	Cromo	7,1	443
Asfalto	1,3-1,5	81-94			
Azúcar	1,5-1,6	94-100	Diamante	3,5-3,6	218-225
Azúfre	1,9-2,1	119-131	Dolomia	2,6-2,9	162-181
			Duraluminio	2,7-2,9	169-181
Balata	1,04	65			
Baquelita	1,34	84	Escorias	0,6-0,7	37-44
Bario	3,7	235	Escorias siderúrgicas	2,5-3,0	156-187
Basalto	2,6-3,2	162-200	Esmeril	4,0	250
Berilio	1,85	115	Espato flúor	3,1-3,2	194-200
Bismuto	9,8	612	Estaño	7,3-7,4	456-462
Blanco de plomo	6,7	418	Estiércol	1,2-1,8	80-112
Blanco de zinc	5,65	353	Estroncio	2,6	162
Bórax	1,72	107			
Boro	2,34-2,55	147-159	Fécula	1,5-1,6	94-100
Brea	1,0-1,1	62-69	Feldespato	2,5-2,7	156-169
Bromuro de plata	6,47	404	Fenol	1,07	67
Bromuro de potasio	2,73	170	Fibrocemento	1,8-2,2	112-137
Bronce de aluminio	7,7	481	Fósforo	1,8-2,3	112-144
Bronce fosforoso	8,8	549	Fundición blanca	6,7-7,6	418-474
Bronce *de estaño*	*8,8-8,86*	549-553	*Fundición gris*	*6,9-7,2*	431-449
			Fundición maleable	7,2-7,6	449-474

Elementos y cuerpos	***PESO ESPECÍFICO (POR UNIDAD DE VOLUMEN)*** ***(1 Kg/dm³ = 62,42795 lb/pie³)***	TABLA 3, . 3

Cuerpos	*Peso específico*	*Lb/pie³*	*Cuerpos*	*Peso específico*	*Lb/pie³*
Galena	7,4-7,6	462-474	Naftalina	1,15	72
Galio	5,9	368	Negro de humo	1,7-1,8	106-112
Gneis	2,6-2,8	162-175	Nieve	0,2-0,8	12-50
Goma laca	1,2	75	Níquel	8,9	556
Grafito	1,9-2,3	119-144	Nitrato potásico	1,9-2,1	119-131
Granate	3,4-4,3	212-268	Nitrato sódico	2,3	144
Granito	2,6-3,0	162-187	Nitrocelulosa	1,6-1,7	100-106
Grasa	0,92-0,97	57-61			
Grava	1,8	112	Ocre	3,5	218
Greda	1,5-1,9	94-119	Ópalo	2,3-2,4	144-150
Gres	2,5-2,6	156-162	Oro	19,3	1205
Gutapercha	0,95-1,05	59-66	Oropimente	3,43	214
			Osmio	22,5	1405
Harina	0,4-0,6	25-37	Óxido de bario	5,7	356
Hematites	4,5-5,2	281-325	Óxido de calcio	3,3	206
Hielo	0,9	56	Óxido de cromo	5,2	325
Hierro	7,87	491	Óxido de hierro	5,2-5,9	325-368
Hormigón	1,8-2,4	112-150	Óxido de plomo	9,3	581
Huesos	1,7-2,0	106-125			
Hulla	1,2-1,5	75-94	Papel	1,1-1,4	69-87
			Paladio	12,0	749
Indio	7,25	453	Patatas	0,8-1,1	50-69
Iridio	22,5	1405	Pedernal	2,6-2,8	162-175
			Pez (betún)	1,2-1,3	75-81
Jade	2,6-2,8	162-175	Piedra (arenisca, caliza, granito, etc.)	2,6-2,8	162-175
Kieselgutur	0,1-0,5	6-31	Piedra pómez	0,4-0,9	25-56
Klinker	2,6-2,7	162-169	Pirita de cobre	4,1-4,3	256-268
			Pirita de hierro	4,9-5,2	306-325
Ladrillo ordinario	1,6-1,9	100-119	Pirolusita	3,8-4,8	237-300
Ladrillo macizo	2,2-2,9	162-181	Pizarra	2,6-2,8	162-175
Lana	1,3-1,4	81-87	Plata	10,5	662
Latón	8,5	531	Platino	21,4	1342
Lava	2,3-2,7	144-169	Plomo	11,3	712
Lignito	1,2-1,5	75-94	Pólvora	1,75	109
Lino	1,5	94	Porcelana	2,2-2,5	137-156
Linoleo	1,2	75	Pórfido	2,5-2,6	156-162
Litio	0,53	34	Potasio	0,85	54
Madera de pino, abeto	0,6-0,7	37	Renio	20,5	1280
Madera de pino tea	0,8	50	Resina	1,05-1,1	66-69
Madera de roble, Castaño	0,8	50	Rodio	12,4	774
Maderas duras	1,2-1,4	75-87	Rubidio	1,52	95
Magnesio	1,7	109	Rutenio	12,4	774
Manganeso	7,3	456			
Marfil	1,8-1,9	112-119	Sal común (de cocina)	2,1	131
Mármol	2,6-2,8	162-175	Sal gema	2,1-2,3	131-144
Metal delta	8,6	537	Selenio	4,4-4,5	275-281
Mica	2,6-3,2	162-200	Sílice	2,6	162
Minio de plomo	8,6-9,1	537-568	Silicio	2,3	147
Molibdeno	10,2	637	Sodio	0,97	61
Mortero de cal	1,6-1,8	100-112	Sosa (carbonato)	1,45	91
Mortero de cemento	1,8-2,2	112-137	Sosa cáustica	1,7-2,1	106-131

Elementos y cuerpos	***PESO ESPECÍFICO (POR UNIDAD DE VOLUMEN)*** ***(1 Kg/dm³ = 62,42795 lb/pie³)***	TABLA 3$_3$. 3

Cuerpos	*Peso específico*	*Lb/pie³*	*Cuerpos*	*Peso específico*	*Lb/pie³*
Talco	2,6-2,8	162-175	Vanadio	5,6-6,0	350-375
Talio	11,8	737	Vidrio	2,5-3,0	162-187
Tantalio	16,6	1036			
Teluro	6,25	390	Wolframio	18,6-19,3	1161-1205
Tierra	1,5-1,9	94	Wolframita	7,2-7,5	449-468
Titanio	4,5	281			
Toba	1,3	81	Yeso (escayola)	1,8-2,4	112-150
Topacio	3,5-3,8	218-237	Yodo	4,93	308
Torio	11,7	730	Yute	1,44	90
Turba	0,3-0,6	19-37			
			Zinc	7,1	449
Uranio	18,8	1167	Zirconio (líquido)	6,5	325-362
			Zirconio (silicato)	3,3	206

CUERPOS LÍQUIDOS Y GASES LICUADOS

Cuerpos	*Peso específico*	*Lb/pie³*	*Cuerpos*	*Peso específico*	*Lb/pie³*
Aceite mineral	0,93	58	Etileno	0,57	36
Aceite de oliva	0,92	57			
Aceite de pescado	0,91-0,93	57-58	Flúor	1,1	69
Aceite de ricino	0,97	61	Fuel-oil	0,98-1,1	61-67
Aceites vegetales	0,9-0,97	56-61			
Acetileno	0,61	38	Gas-oil	0,86-0,89	54-56
Ácido clorhídrico	0,91	57	Glicerina	1,26	79
Ácido fluorhídrico	0,99	62			
Ácido nítrico	1,51	94	Helio	0,13	8
Ácido sulfhídrico	0,92	57	Heptano	0,69	43
Agua	1,00	62	Hexano	0,66	41
Agua de mar	1,02	64	Hidrógeno	0,071	44
Aire	0,88	55			
Albúmina	1,05	66	Leche	1,03	64
Alcohol	0,8	50			
Amoníaco	0,63-0,68	39-42	Mercurio	13,6	849
Anhídrico carbónico	0,95-1,6	59-100	Metano	0,42	26
Anhídrico sulfuroso	1,4-1,6	87-100			
Anilina	1,04	65	Neón	1,21	76
Alquitrán	0,85-1,2	53-75	Nitrógeno	0,81	51
Argón	1,4	87			
			Octano	0,70	44
Bencina	0,7	44	Oxígeno	1,13	71
Benzol	0,9	56			
Bromo	3,12	195	Parafina	0,93-1,0	58-62
Butano	0,6	37	Pentano	0,63	39
			Petróleo	0,8	50
Cerveza	1,03	64	Propano	0,59	37
Cloro	1,56	97	Propileno	0,61	38
Cloroformo	1,5	94			
Cloruro amónico	1,14	71	Salitre potásico	1,2-1,4	75-87
Cloruro sódico	1,15	72			
Cripton	2,15	134	Toluol	0,87	54
			Trementina	0,85	53
Etano	0,55	34			
Éter	0,72	45	Xenón	3,52	220

Elementos y cuerpos	PESO ESPECÍFICO DE GASES (Peso normal a O °C y 760 Torr)	TABLA 4 . 3

Gases	Fórmula química	Peso molecular	Peso relativo aire = 1	Peso específico $kg/m^3{}_n$	lb/pie^3
Acetileno	C_2H_2	26,038	0,906	1,171	0,07310
Ácido bromhídrico	HBr	80,924	2,819	3,644	0,22749
Ácido clorhídrico	HCl	36,465	1,268	1,639	0,10232
Ácido fluorhídrico	FH	20,008	0,713	0,893	0,05575
Ácido selenhídrico	SeH_2	80,976	2,834	3,664	0,22874
Ácido sulfhídrico	H_2S	34,082	1,191	1,539	0,09608
Ácido yodhídrico	HI	127,328	4,478	5,789	0,36140
Aire (seco)	—	28,960	1,000	1,293	0,08072
Amoníaco	NH_3	17,032	0,597	0,771	0,00481
Alcohol butílico	$C_4H_{10}O$	74,124	2,510	3,244	0,20252
Alcohol etílico	C_2H_6O	46,070	1,580	2,043	0,12754
Alcohol metílico	C_2H_4O	44,054	1,103	1,426	0,08902
Anhídrido carbónico	CO_2	44,011	1,529	1,977	0,12342
Anhídrido sulfuroso	SO_2	64,066	2,264	2,926	0,18266
Argón	Ar	39,944	1,380	1,784	0,11137
Arsenamina	H_3As	77,934	2,692	3,480	0,21725
Bunato-normal	C_4H_{10}	58,124	2,090	2,703	0,16874
Butano-iso	C_4H_{10}	58,124	2,064	2,668	0,16656
Butileno	C_4H_8	56,108	1,936	2,500	0,15607
Ciamógeno	C_2N_2	52,038	1,790	2,320	0,14483
Cloro	Cl_2	70,914	2,491	3,220	0,20102
Cloroformo	$CHCl$	132,409	4,087	5,283	0,32981
Cloruro de metilo	CH_3Cl	50,492	1,784	2,307	0,14402
Cloruro de nitrosilo	$NOCl$	65,465	2,314	2,992	0,18678
Criptón (Kriptón)	Kr	83,800	2,895	3,740	0,23348
Diflúor-dicloro-metano	CF_2Cl_2	120,925	4,262	5,510	0,34398
Dimetileter (éter metálico)	C_2H_6O	46,070	1,632	2,110	0,13172
Etano	C_2H_6	30,070	1,049	1,356	0,08465
Éter (vapor)	$C_4H_{10}O$	74,124	2,550	3,300	0,20601
Etilamina	C_2H_7N	45,086	0,706	0,913	0,05700
Etileno	C_2H_4	28,054	0,975	1,261	0,07872
Flúor	F_2	38,000	1,310	1,695	0,10582
Fluoruro de boro	F_3B	67,820	2,320	3,000	0,18728
Fluoruro de metilo	CH_3F	34,035	1,195	1,545	0,09645
Fluoruro de silicio	F_4Si	104,060	3,713	4,691	0,29285
Fosfamina	PH_3	34,004	1,530	1,183	0,07385
Helio	He	4,003	0,138	0,179	0,01117
Heptano-normal	C_7H_{16}	100,205	3,450	4,459	0,27837
Hidrógeno	H_2	2,016	0,067	0,090	0,00562
Metano	CH_4	16,043	0,555	0,717	0,04476
Metilamina	CH_5N	31,059	0,706	1,388	0,08665
Neón	Ne	20,183	0,696	0,900	0,05619
Nitrógeno	N_2	28,016	1,097	1,251	0,07810
Octano-normal	C_5H_{12}	72,151	0,389	5,030	0,31401
Óxido de carbono	CO	28,011	0,967	1,250	0,07803
Óxido nítrico	NO	30,008	1,037	1,340	0,08365
Óxido nitroso	N_2O	44,016	1,530	1,978	0,12348
Oxigeno	O_2	32,000	1,105	1,429	0,08921
Oxisulfuro de carbono	COS	60,077	2,105	2,720	0,16980
Ozono	O_3	48,000	1,710	2,220	0,13859
Pentano-normal	C_5H_{12}	72,151	2,674	3,458	0,21588
Propano	C_3H_8	44,097	1,550	2,004	0,12511
Propileno	C_3H_6	78,114	1,481	1,915	0,11955
Sulfuro de carbono	S_2C	76,143	2,640	3,420	0,21350
Vapor de agua	H_2O	18,016	0,594	0,768	0,04794
Xenón	X	131,300	4,510	5,890	0,36770

Termología

PROPIEDADES TÉRMICAS DE CUERPOS (Especificación en «Calor» página 68)

TABLA 5 . 3

CUERPO	Punto de fusión °C	Calor latente de fusión kcal/kg	Punto de ebullición °C	Calor latente de ebullición kcal/kg	CUERPO	Punto de fusión °C	Calor latente de fusión kcal/kg	Punto de ebullición °C	Calor latente de ebullición kcal/kg
CUERPOS SÓLIDOS									
Aluminio	660	85	2270	2800	Manganeso	1260	60	2100	1000
Antimonio	630	40	1640	300	Molibdeno	2600		3560	1700
Arsénico	820		625	400	Níquel	1455	70	3000	1480
Azufre	115	10	445	70	Oro	1065	16	2700	420
Bario	704		1700	320	Osmio	2500			
Berilio	1280	340	3000	5930	Paladio	1555	36		950
Bismuto	271	13	1500	200	Plata	960	25	1950	520
Boro	2040				Platino	1773	27	3800	600
Cadmio	321	13	767	240	Plomo	327	6	1730	220
Calcio	850	78	1400	1000	Potasio	63	13	760	490
Carbono	3550		4000	12000	Renio	3170			
Cerio	800		1400		Rodio	1965			
Cesio	28	4	670	120	Rubidio	39	6	713	200
Cobalto	1495	67	3200	1550	Selenio	220	16	688	260
Cobre	1085	50	2330	1110	Silicio	1415		2350	3360
Cromo	1800	70	2400	1470	Sodio	98	27	880	1000
Estaño	230	14	2300	620	Tántalio	3000			
Fósforo	44	5	280	400	Titanio	1820			
Galio	30	19	2300		Vanadio	1730			
Hierro	1540	65	2500	1520	Wolframio	3400	60	5000	1150
Iridio	2454		4800	930	Yodo	114		185	80
Litio	180	33	1400	5100	Zinc	420	29	907	430
Magnesio	650	50	1110	1350	Zirconio	1900			
CUERPO LÍQUIDOS									
Acetona	– 94	23	56	125	Cloroformo	– 64	19	61	59
Ácido acético	17	46	118	97	Éter etílico	–116	24	35	86
Ácido fórmico	8,4	66	101	118	Glicerina	– 91	34	98	76
Ácido nítrico	– 41	9,5	86	115	Heptano	– 91	34	98	76
Ácido sulfúrico	10,5	26	325		Hexano	– 95	35	68	79
Agua	0,0	80	100	539	Mercurio	– 38,9	2,8	357	72
Alcohol etílico	– 115	25	78	201	Octano	– 57	43	126	71
Alcohol metílico	– 98	24	65	263	Pentano	130	28	36	85
Benzol	5,5	30	80	95	Sulfuro de carbono	112	18	46	89
Bromo	– 7,3	16,2	59	43	Toluol	– 95	17	111	85
CUERPOS GASEOSOS									
Acetileno	– 81		– 84	198	Etileno	–169	25	–103	125
Ácido clorhídrico	–112	13,4	– 85	106	Flúor	–220	9	–188	38
Ácido sulfhídrico	– 87	16,6	– 60	131	Helio			–269	5
Anhídrido carbónico	– 56	44	– 78	137	Hidrógeno	–259	14	253	110
Anhídrido sulfuroso	– 75	28	– 10	96	Neón	249	4	–246	25
Argón	–189	7	–186	38	Nitrógeno	–210	6	–196	48
Butano	–135	18	0,5	96	Metano	–182	14	–162	131
Cloro	–103	45	– 35	100	Oxígeno	–219	3,3	–183	51
Criptón	–157	5	–153	28	Propano	–190		– 43	107
Etano	–184	22	– 89	129	Propileno	–185	17	– 47	109

PUNTO DE FUSIÓN DE ALEACIONES Y MEZCLAS

Acero	1480	Fundición blanca	1130
Acero moldeado	1450	Fundición gris	1200
Aluminio (AlSi)	680	Latón	1015
Bronce de aluminio	1100	Porcelana	1550
Bronce de estaño	950	Vidrio	≈ 1200

Termología	CALOR ESPECÍFICO A 20° C (Especificación en «Calor» página 68)	TABLA 6 . 3

Cuerpo	kcal/kg grd	Cuerpo	kcal/kg grd	Cuerpo	kcal/kg grd
Acero	0,114	Fundición hierro	0,20	Silicio	0,177
Acero al Mn o Ni	0,12	Grafito	0,098	Wolframio	0,032
Aluminio	0,22	Hielo	0,50	Zinc	0,095
Asfalto	0,22	Hierro	0,114		
Azufre	0,18	Hormigón	0,22	Aceite de oliva	0,35
Basalto	0,20	Hulla	0,30	Aceite de máquinas	0,40
Bismuto	0,03	Ladrillo	0,20	Ácido nitrico	0,41
Bronce	0,086	Latón	0,092	Ácido sulfúrico	0,33
Cadmio	0,56	Madera	0,60	Agua	1,0
Calcio	0,16	Magnesio	0,22	Alcohol	0,66
Cobalto	0,096	Manganeso	0,119	Amoniaco	1,0
Cobre	0,094	Mármol	0,21	Bromo	0,11
Constantan	0,098	Niquel	0,108	Benzol	0,42
Coque	0,20	Oro	0,031	Éter	0,50
Cristal	0,19	Plata	0,056	Glicerina	0,58
Cromo	0,108	Platino	0,032	Mercurio	0,033
Cuarzo	0,19	Plomo	0,031	Petróleo	0,50
Estaño	0,056	Porcelana	0,19	Acetona	0,52

Termología	POTENCIA CALORÍFICA (Especificación en «Calor» página 68)	TABLA 7 . 3

Cuerpo	cal/kg (P_i)	Cuerpo	cal/kg (P_s)	Cuerpo	cal/kg P_s	cal/kg P_i
Antracita	8000	Aceite de linaza	9300	Acetileno	12000	11600
Coque	7000	Alcohol	7100	Butano	11800	10900
Carbón de madera	8000	Benzol	10000	Etano	12400	11300
Hulla grasa	7000	Cera	9000	Gas de agua	3800	3400
Hulla magra	7500	Fósforo	5950	Gas hornos altos	900	800
Hulla seca	6500	Gas-oil	10700	Gas hornos coque	8500	7500
Leña seca	4000	Gasolina	10500	Gas de hulla	8000	7200
Leña verde	2000	Naftalina	9700	Gas natural	11400	10000
Lignito térreo	2000	Petróleo	11000	Hidrógeno	33900	28700
Lignito pétreo	4000	Trementina	10800	Metano	13200	11900
Turba húmeda	250			Propano	12000	11000
Turba seca	3600			Propileno	11600	10900

Termología	COEFICIENTE DE CONDUCTIBILIDAD (Especificación en «Calor» página 68)	TABLA 8 . 3

Cuerpo	kcal / m(hm²° C)	Cuerpo	kcal / m(hm²° C)	Cuerpo	kcal / m(hm²° C)
Acero	30	Hierro	63	Oro	260
Agua	0,5	Hormigón	0,90	Piedra	1,6
Aluminio	180	Ladrillo	0,70	Plata	360
Bronce	70	Latón	80	Platino	60
Cobre	320	Madera	0,15	Plomo	30
Constantan	200	Magnesio	140	Porcelana	0,9
Estaño	55	Mármol	2,5	Vidrio	0,7
Fundición hierro	50	Mercurio	8	Zinc	95
Grafito	120	Mortero	0,80		
Hielo	1,7	Níquel	50		

Termología	*DILATACIÓN Y CONTRACCIÓN*

Coeficiente de dilatación lineal α. — Es el alargamiento λ que experimenta la unidad de longitud de un cuerpo al elevar su temperatura en 1° C; la longitud de cuerpo dilatado es:

$$l = l_o(1 + \alpha(t - t_o))$$

siendo:

- l La longitud del cuerpo a la temperatura final t (dilatado).
- l_o La longitud del cuerpo a la temperatura inicial t_o (sin dilatar).
- α El coeficiente de dilatación del cuerpo (Tabla 9.3).

(La fuerza de dilatación o de contracción de un cuerpo al variar su temperatura, es:

$$F = \alpha EA\ (t - t_o),\ kg.$$

siendo:

- E El módulo de elasticidad del cuerpo.
- A La sección transversal del cuerpo).

Coeficiente de dilatación cúbica. — Es la variación de volumen de los cuerpos sólidos, líquidos y gaseosos por cada grado de aumento de temperatura; en los sólidos $\beta = 3\alpha$, y en los gases, a presión constante, $\beta = 1/273,16$

Contracción lineal. - Es la diferencia entre las dimensiones de un molde frío y las de un cuerpo frío que ha sido fundido en aquel molde, representándose la contracción como un tanto por ciento de la dimensión del molde frío (Tabla 10.3).

$$\lambda = \frac{l - l_c}{l} \cdot 100$$

siendo

- l La longitud del molde frío
- l_c La longitud del cuerpo fundido frío.

Termología	*COEFICIENTES DE DILATACIÓN LINEAL*	TABLA 9 - 3

Cuerpo	*Coeficiente α*	*Cuerpo*	*Coeficiente α*	*Cuerpo*	*Coeficiente α*
Aluminio	0,000024	Níquel	0,000013	Acero	0,000012
Antimonio	11	Paladio	12	Acero moldeado	11
Bismuto	13	Plata	19	Bronce	18
Cobalto	13	Platino	09	Constantan	15
Cobre	17	Plomo	29	Hierro fundido	10
Estaño	0,000027	Oro	0,000014	Hormigón	0,000012
Hierro	12	Titanio	09	Latón	18
Magnesio	26	Vanadio	08	Madera (longitudinal)	03 a 10
Molibdeno	052	Wolframio	045	Porcelana	03
Manganeso	23	Zinc	29	Vidrio	09

Termología	*COEFICIENTES DE CONTRACCIÓN LINEAL*	TABLA 10 - 3

Cuerpo	λ%	*Cuerpo*	λ%
Acero	1,8	Cobre	1,4
Acero moldeado	1,6 a 2,0	Estaño	0,3 a 0,7
Aluminio	1,8	Fundición AlSi	0,5 a 1,2
AlSi (fundición inyectada)	0,5	Fundición de hierro	1,1 a 1,5
Antimonio	0,3 a 0,7	Latón	1,5 a 1,8
Bronce de estaño	0,8 a 1,6	Plomo	1,1
Bronce de plomo	1 a 1,5	Zinc	1,6

Elementos y cuerpos	CARACTERÍSTICAS DE ELEMENTOS IMPORTANTES	TABLA 11 . 3

Elemento	*Símbolo*	*Estado*	*Peso específico*	*Punto de fusión °C*	*Punto de ebullición °C*	*Coeficiente de dilatación lineal*	*Módulo E de elasticidad kg/mm²*	*Resistencia por tracción kg/mm²*
Aluminio	Al	sólido	2,7	660	2270	0,000024	7200	14 a 20
Antimonio	Sb	sólido	6,7	630	1640	11	7900	8,6
Arsénico	As	sólido	5,8	820	625			
Azufre	S	sólido	2,0	115	445			
Bario	Ba	sólido	3,76	704	1700			
Berilio	Be	sólido	1,85	1280	3000	0,000012	36000	
Bismuto	Bi	sólido	9,8	271	1500	13	3290	0,5
Boro	B	sólido	2,34	2040				
Bromo	Br	líquido	3,19	−7,3	59			
Cadmio	Cd	sólido	8,64	321	767	0,000030	510	6,4
Calcio	Ca	sólido	1,54	850	1400			0,5
Carbono	C	sólido	3,5 (diam)	3550	4000			
Cerio	Ce	sólido	6,8	800	1400			
Cesio	Cs	sólido	1,87	28	670			
Cloro	Cl	gaseoso	1,56	−34	−35			
Cobalto	Co	sólido	8,8	1495	3200	0,000013	20800	26
Cobre	Cu	sólido	8,9	1085	2330	17	12700	25 a 30
Cromo	Cr	sólido	7,1	1800	2400	08		
Estaño	Sn	sólido	7,3	230	2300	0,000027	4150	2,75
Flúor	F	gaseoso	1,1	−220	−188			
Fósforo	P	sólido	1,8	44	280			
Galio	Ga	sólido	5,9	30	2300			
Hidrógeno	H	gaseoso	(0,090 kg/m^3_n)	−259	−253			
Hierro	Fe	sólido	7,87	1540	2500	0,000012	21000	22
Iridio	Ir	sólido	22,5	2454	4800	07	52000	
Litio	Li	sólido	0,534	180	1400	60	500	18
Magnesio	Mg	sólido	1,74	650	1110	26	4100	20
Manganeso	Mn	sólido	7,3	1260	2100	23		
Mercurio	Hg	líquido	13,595	−38,9	357			
Molibdeno	Mo	sólido	10,2	2600	3560	0,000005		
Niquel	Ni	sólido	8,9	1455	3000	13	22000	40 a 45
Nitrógeno	N	gaseoso	(1,251 kg/m^3_n	−210	−196			
Oro	Au	sólido	19,3	1065	2700	0,000014	8000	14
Osmio	Os	sólido	22,5	2500	5300	07		
Oxigeno	O	gaseoso	(1,429 kg/m^3_n	−219	−183			
Paladio	Pd	sólido	12,0	1555	2200	0,000012	11500	21
Plata	Ag	sólido	10,5	960	1950	19	8000	16
Platino	Pt	sólido	21,4	1773	3800	09	17000	20
Plomo	Pb	sólido	11,3	327	1730	29	1700	1,4
Potasio	K	sólido	0,86	63	760	83		
Renio	Re	sólido	20,5	3170				
Rodio	Rh	sólido	12,4	1965	2500	0,000008	3000	
Rubidio	Rb	sólido	1,52	39	713			
Selenio	Se	sólido	4,4	220	688			
Silicio	Si	sólido	2,3	1415	2350	0,000008		
Sodio	Na	sólido	0,97	87	880	72		
Tantalio	Ta	sólido	16,6	3000	5300	06	1900	
Titanio	Ti	sólido	4,5	1820	3000	09		
Uranio	U	sólido	18,5	1090	3818			
Vanadio	V	sólido	6,0	1730	3000	08		
Wolframio	W	sólido	19,3	3400	5000	945	42000	110
Yodo	I	sólido	4,93	114	185			
Zinc	Zn	sólido	7,2	420	907	0,000029	13000	15

PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS CUERPOS
Acción de las fuerzas moleculares

Estado físico

Según la agrupación de sus moléculas, el estado físico será sólido cuando la cohesión es grande, líquido cuando la cohesión es poco mayor que la repulsión, y gaseoso cuando la repulsión de las moléculas es mayor que la cohesión.

Físicamente se estudian los fenómenos naturales que tienen lugar en los cuerpos y que no producen modificación en la materia de los mismos; se consideran las propiedades de la materia y de la energía utilizando tan sólo medios o atributos capaces de medida.

Propiedades de los cuerpos

a) Extensión. — Capacidad para ocupar una parte de espacio (volumen, superficie, longitud).

b) Impenetrabilidad. — Propiedad que impide que un cuerpo esté en el lugar que ocupa otro.

c) Divisibilidad. — Propiedad en virtud de la cual los cuerpos pueden fraccionarse (límite, la molécula).

d) Porosidad. — Propiedad de tener espacio libre entre las moléculas.

e) Expansibilidad. — Propiedad para poder ocupar mayor espacio que el que ocupa (aumentando la separación entre sus moléculas.

f) Compresibilidad. — Que se puede comprimir o reducir a menor volumen (menor espacio entre moléculas).

g) Inercia. — Incapacidad de un cuerpo para salir de su estado de reposo, para cambiar las condiciones de movimiento o para cesar en él, sin aplicación o introducción de alguna fuerza.

h) Pesantez. — Presión sobre los cuerpos sobre los que se apoya o tensión sobre los que pende.

i) Peso especifico. — Relación entre su pesantez y volumen.

Acción de fuerzas moleculares de los cuerpos

a) Dureza. — Mayor o menor dificultad que oponen Los cuerpos a ser rayados. La escala de dureza de MOHS está constituida por 10 minerales cuya dureza aumenta gradualmente, de modo que cada uno raya al que le precede y es rayado por el que le sigue (especificada abajo).

b) Plasticidad. — Blandura que permite modificar la forma por la acción de una fuerza o presión moderada.

c) Ductibilidad. — Propiedad para extenderse en hilos por la acción de medios mecánicos (hilera).

d) Maleabilidad. — Propiedad para extenderse en láminas bajo la acción de medios mecánicos (laminador).

e) Fragilidad. — Propiedad de romperse al tratar de modificar ligeramente su forma.

f) Elasticidad. — Propiedad por la que un cuerpo modifica su forma y extensión bajo la acción de una fuerza y las recobra cuando ésta cesa.

g) Tenacidad. — Resistencia que oponen los cuerpos a la rotura.

h) Capilaridad. — Propiedad de los cuerpos, sólidos de atraer y hacer que suba por sus paredes hasta cierto límite el líquido que las moja, o de repeler formando un hueco a su alrededor cuando no las moja.

i) Adherencia. — Atracción o unión entre las moléculas próximas de dos cuerpos.

j) Absorción. — Penetración de los gases en los poros de los cuerpos sólidos o líquidos.

k) Difusión. — Mezcla por contacto de dos líquidos de distinto peso específico.

l) Ósmosis. — Paso recíproco de líquidos de distinto peso específico a través de una membrana que los separa.

ESCALA DE DUREZA DE MOHS

1	Talco	(Silicato de magnesio)	$MgH_4(SiO_3)_4$	(Plomo)
2	Yeso	(Sulfato de cal hidratado)	$CaSO_4 \cdot 2\,H_2O$	(Aluminio)
3	Calcita	(Carbonato de calcio anhidro)	$CaCO_3$	(Latón)
4	Fluorita (espatofluor)	(Fluoruro de calcio)	CaF_2	(Cobre)
5	Apatito	(Fosfato y fluoruro de calcio)	$Ca_5(PO_4)_3 \cdot (F, Cl, Oh)$	(Hierro)
6	Ortosa	(Silicato de alúmina y de potasio).	Si_3O_8Al (K, Na)	(Acero)
7	Cuarzo	(Anhídrido silícico)	SiO_2	(Wolframio)
8	Topacio	(Fluosilicato alumínico)	$Al_2SiO_4\ (OH, F)_2$	(Acero templado)
9	Corindón	(Óxido de alúmina)	Al_2O_3	(Carburo)
10	Diamante	(Carbono puro cristalizado)	C	(—)

Elementos y cuerpos	***DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS IMPORTANTES***	**TABLA 12₁ · 3**

Aluminio

De aspecto plateado, dúctil, maleable, tenaz, ligero, sonoro, resistente a la corrosión, buen conductor.
Abunda en forma de óxidos y silicatos; minerales, alúmina (Al_2O_3), bauxita ($Al_2O_3 \cdot 2\ H_2O$).
Se emplea en construcciones metálicas, estampación y fundición, industria química y eléctrica, aleaciones.

Antimonio

De color blanco azulado brillante, se presenta en forma de cristales argénteos, mediana conductibilidad.
Se extrae de la senarmontita (Sb_2O_3) y de la antimonita (Sb_2S_3).
Se emplea esencialmente en muchas aleaciones ferrosas y no ferrosas, preparación de grasas y de goma.

Azufre

De color amarillo, quebradizo, olor característico, funde a temperatura poco elevada y arde con llama azul (metaloide).
Abunda en estado nativo en yacimientos de origen volcánico y otros de probable origen orgánico.
Se emplea en explosivos, aislantes eléctricos, farmacia, fabricación de la goma.

Bario

De color blanco amarillento, dúctil y difícil de fundir, se oxida en contacto del aire y del agua.
Es poco abundante, sus minerales son la baritina ($BaSO_4$) y wicherita ($BaCO_3$); obtención difícil y costosa.
Se utiliza como componente antifricción, bujías para motores de explosión, y en electricidad.

Berilio

De aspecto parecido al aluminio, poco dúctil y maleable, no se oxida, bastante buen conductor, no absorbe el calor.
Se extrae del berilo, silicato de aluminio ($Be_3Al_2Si_6O_{18}$) mediante complejas tratamientos químicos.
Se utiliza en reactores atómicos (moderador de neutrones); en aleaciones metálicas (con hierro, cobre y níquel).

Bismuto

Muy brillante, gris rojizo, frágil y fácilmente fusible, elevada resistividad y magnetismo, se dilata al enfriarse.
Poco abundante, en estado nativo, minerales de bismunita (Bi_2S_3) y ocre (Bi_2O_3); su extracción es sencilla.
Se emplea en aleaciones, farmacia, reactores nucleares (refrigerante de alto nivel poco captador de neutrones).

Boro

De color pardo obscuro, frágil y duro, coeficiente térmico negativo, se presenta combinado (metaloide).
Es muy abundante en forma compuesta; minerales el bórax ($Na_2B_4O \cdot 10\ H_2O$) y la kermita ($Na_2B_4O_7 \cdot 4\ H_2O$).
Aplicación en metalurgia (acero y aluminio), farmacia, abrasivos y en industria nuclear.

Cadmio

Color blanco algo azulado, brillante y parecido al estaño, dúctil y maleable, características similares al cinz.
Se obtiene principalmente como subproducto de la blenda, y de la greenoquita (Ca_2S_3).
Se utiliza como recubrimiento antioxidante del hierro, aleaciones bajas de fusión, acumuladores, pilas atómicas.

Calcio

Color blanco con brillo plateado, alcalino-térreo, poco duro, alterable al aire y en el agua, arde con llama roja.
Muy abundante; sus minerales principales la calcita ($Ca\ CO_3$) y la dolomia ($CaMg\ (CO_3)_2$)
Aplicación en metalurgia como desoxidante, en aleaciones principalmente con el plomo, en farmacia.

Carbono

En forma de grafito es opaco, gris negro, frágil; en forma de diamante, cristalizado incoloro o negro (metaloide).
Forma parte de compuestos orgánicos e inorgánicos; el grafito se presenta en grandes masas, el diamante entre rocas.
El grafito se utiliza para crisoles, lápices, electricidad, lubricantes; el diamante en joyería y como cortante.

Cloro

Gas de color amarillo verdoso, de olor fuerte y sofocante; se licúa por simple enfriamiento (metaloide).
Se encuentra en las aguas, la del mar principalmente, en la sal gema (residuos de mares desaparecidos).
Elemento muy reactivo, empleado en industria química, papelera, téxtil, farmacia (germicida).

Cobalto

De color blanco rojizo, duro y de difícil fusión, maleable en caliente y frágil en frío.
En estado nativo en meteoritos; se extrae de la esmaltina ($CO\ As_2$), cobaltina ($CO\ As\ S$), y de otros.
Se emplea en la fabricación de aceros (herramientas de corte), vidrio, cerámica, pintura, radioterapia.

Cobre

De color rojo pardo brillante característico, dúctil y maleable, muy buen conductor del calor y electricidad.
Se halla en estado libre, sus minerales la calcopirita ($Cu\ Fe\ S_2$), cuprita ($Cu\ O$), malaquita ($Cu\ Co_3$) y otros.
Se utiliza en electrotecnia, aparatos térmicos, aleado con el estaño forma el bronce y con el zinc el latón.

Elementos y cuerpos	***DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS IMPORTANTES***	TABLA 12_2 · 3

Cromo

De color blanco argénteo, frágil y maleable, no se oxida y es muy resistente
No existe en estado libre, se extrae de la cromita ($Cr_2O_3 \cdot FeO$) muy difundida, la crorocoita ($CrPbO_4$).
Utilizado para el cromado de metales, aleado al hierro, resistencias eléctricas, textil y fotografía.

Estaño

De color plateado obscuro, blando, dúctil y maleable, calentándolo se hace frágil y quebradizo.
Se encuentra en estado nativo; el mineral más importante es la casiterita (SnO_2).
Se utiliza para revestimiento de la chapa de acero, en recipientes para conservas, se alea con el cobre (bronces).

Flúor

Gas color amarillo verdoso, olor sofocante y desagradable, ataca a casi todos los metales (metaloide).
Se halla en compuestos, como la fluorita (F_2Ca), la criolita (Na_3AlF_6), el fluorapatito ($Ca_{10}(PO)_6F_2$).
Se utiliza como reactivo químico de laboratorio, como fundente, en vidriados y esmaltes, en cerámica.

Fósforo

El fósforo blanco es de aspecto céreo, sumamente tóxico, el fósforo rojo no es tóxico, inflamables (metaloide).
Se extrae de la fosforita ($Ca_3(PO_4)_2$), y de los apatitos, clorapatito ($Ca_5(PO_4)_3$ Cl, fluorapatito ($Ca_5(PO_4)_3$ Fl.
Se emplea para cerillas, fertilizantes, detergentes, piensos, fármacos, depuración de aguas.

Hidrógeno

Gas inodoro, incoloro e insípido, inflamable, el más ligero de todos los gases, poco soluble en agua.
Se obtiene por catalización de hidrocarburo-vapor de agua, y por reacción vapor de agua-carbón al rojo.
Se utiliza en la obtención del amoníaco, grasas, reductor, combustible, con oxígeno impulsor de cohetes.

Hierro

De color gris azulado, tenaz, dúctil y maleable, no es estable en estado puro, en polvo arde en el aire.
Se obtiene de la magnetita (Fe_3O_4), hematíes (Fe_2O_3), limonita ($2\ Fe_2O_3 \cdot 3\ H_2O$), siderita (CO_3Fe), en horno alto.
Se emplea en obtención de piezas fundidos (fundición gris y blanca) y en la fabricación de aceros.

Magnesio

Metal blanco argénteo, muy dúctil y maleable, el más ligero de los metales, arde con luz clara.
Es muy abundante, se extrae del agua de mar, de la carnalita ($Cl_2Mg \cdot ClK$) y dolomia ($CO_3Mg \cdot CO_3Ca$).
Se emplea en la fabricación de piezas ligeras (extrusión e inyección), en agricultura, explosivos, textil.

Manganeso

De color acerado brillante, frágil, en estado puro se oxida fácilmente en contacto con el aire.
No se encuentra en estado nativo; el mineral más importante es la pirolusita (MnO_2).
Se alea al hierro y al cobre (acero y latones), se emplea en barnices, fertilizantes, textil, química, vidrio.

Mercurio

Metal blanco y brillante como la plata, único metal líquido a la temperatura ordinaria, muy dilatable.
Se halla en estado nativo pero principalmente en forma de sulfuro formando el cinabrio (HgS).
Se amalgama con muchos metales, se emplea en electrotecnia y electroquímica, termómetros, explosivos, farmacia.

Molibdeno

De color gris metálico, duro, pesado, funde a temperatura elevada y resiste a la oxidación.
No abunda en la naturaleza, el mineral más importante es la molibdenita (MoS_2).
Se emplea en aleaciones duras y no corrosivas, piezas resistentes a temperaturas elevadas, componentes electrónicos.

Níquel

De color y brillo argénteo, duro y maleable, en estado pirofórico arde espontáneamente en el aire.
Elemento bastante difundido, sus minerales la pentlandita ((NiFe)S), la garnerita ($(NiMg)\ SiO_3 \cdot H_2O$)
Se utiliza en aleaciones de hierro y cobre (nicrome, metal Monel), vidrio y cerámica.

Nitrógeno

Gas incoloro, inodoro e insípido, transparente, elemento fundamental en la composición de los seres vivos (metaloide).
Se halla en estado elemental en el aire (78%), se obtiene por la destilación fraccionada del aire líquido.
Se emplea en la industria química (amoníaco, nitratos, etc.), atmósfera gaseosa inerte no oxidante.

Oro

De color amarillo, el más dúctil y maleable de los metales, uno de los más pesados, metal precioso, no se oxida.
Se halla en estado nativo (arenas de aluvión, filones de cuarzo), minerales la calaverita (Te_2Au) y silvanita ($Au\ Ag\ Te_2$).
Se utiliza principalmente como cobertura monetaria, acuñación y arte suntuaria, vidrios coloreados.

Elementos y cuerpos	*DESCRIPCIÓN DE ELEMENTOS IMPORTANTES*	TABLA 12_1 · 3

Oxígeno

Gas esencial en la respiración, parte del aire y componente del agua, inodoro, incoloro e insípido (metaloide).
Es elemento más abundante de la corteza terrestre, se obtiene del aire liquido y por electrólisis.
Se utiliza en hornos, convertidores de acero, corte oxiacetilénico, comburente con hidrógeno en vehículos espaciales.

Plata

Metal blanco brillante, sonoro, dúctil y maleable, buen conductor, no se oxida; es metal precioso.
Lo contienen la argentita (Ag_2 S), pirargirita (3 $Ag_2S \cdot Sb_2S_3$), plata córnea (AgCl), y también la galena.
Se emplea en monedas, joyería, aparatos eléctricos de precisión, fotografía, espejos, cerámica.

Platino

Metal del color de la plata aunque menos vivo y brillante, dúctil y maleable, pesado, inoxidable; metal precioso.
Se encuentra en terrenos de aluvión y en las rocas; asociado al iridio, osmio, paladio, rodio y rutenio en el osmiridio.
Se utiliza en joyería, instrumental de laboratorio; prótesis dentales y quirúrgicas, termopares, catalizadores.

Plomo

De color gris azulado, blando, dúctil y maleable, pesado, resistente a los ácidos clorhídrico y sulfúrico.
Raro en estado nativo, su mineral principal es la galena (PbS), también la cerusita ($PbCO_3$) y la anglesita ($PbSO_4$).
Se utiliza en acumuladores, instalaciones de agua y sanitarias, carburación, proyectiles, pinturas y vidrios.

Potasio

Metal de color argénteo, brillante al corte, blando, ligero, se inflama en el aire y reacciona con el agua.
Se encuentra muy difundido, sus minerales más importantes la silvina (KCl) y la carnalita ($Mg\ Cl_2 \cdot KCl$).
Se utiliza como refrigerante en reactores nucleares, fertilizante, vidrio, jabón, explosivos y fulminantes, y en pirotecnia.

Silicio

De color gris azulado con brillo metálico, se halla presente en casi todas las rocas (metaloide).
Se extrae de la sílice (anhídrido silícico, SiO_2) por su reducción mediante el carbón a temperatura elevada.
Se aplica para siliconas, aceites lubricantes, electricidad y electrónica, se alea al aluminio y hierro (desoxidante).

Sodio

Metal blanco argénteo, fusible, blando como la cera, se oxida instantáneamente al aire, y reacciona con el agua.
No se encuentra en estado libre, se extrae de depósitos salinos (NaCl), de albita ($Na\ Al\ Si_3O_8$), glauberita (SO_4Na_2).
Se utiliza como reductor, en detergentes, colorantes, fertilizantes, textil, goma, cerámica, depuración de agua, bactericida.

Titanio

Metal pulverulento de color gris, fácil de combinar con el nitrógeno, arde con centelleo y es resistente a la corrosión.
No se encuentra en estado nativo, sus minerales más importantes son el rutilio (TiO_2) y la ilmenita ($FeTiO_3$).
Se emplea para aleaciones de acero resistentes a altas temperaturas, en pintura, vidrios, esmaltes.

Uranio

Metal dúctil y maleable, poco conductor, tiene un isótopo capaz de fisión continuada (empleado en la bomba atómica).
No se halla en estado libre en la naturaleza, su mineral es la uranita (UO_2), también lo contiene la pechblenda.
Utilizado en aleaciones, fotografía, vidrio; enriquecido con el isótopo 235 se utiliza como combustible nuclear.

Vanadio

Elemento metálico grisáceo, blando y dúctil, que se trabaja en caliente bajo gas inerte para evitar su oxidación, anticorrosivo.
Comúnmente se extrae de la carnotita, vanadato de potasio y uranio $\left(K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot nH_2O\right)$
Aleado para obtener aceros muy duros, que pueden trabajar a temperaturas elevadas, catalizadores, tintorería y cerámica.

Wolframio

Elemento metálico de color gris acerado, muy denso y duro, difícil de fundir, no se oxida.
No es abundante, los minerales más importantes son la wolframita $\left((FeMn)WO_4\right)$ y la scheelita ($CaWO_4$).
Se emplea aleado por obtener aceros muy duros (widia, raya al vidrio), aleaciones no férricas, soldaduras, cerámica, electrotecnia.

Yodo

De textura laminosa de color gris negruzco y brillo metálico, se volatiliza a temperatura poco elevada (metaloide).
Principalmente se extrae del nitrato de Chile; también lo contienen aguas minerales yodados.
Se emplea mucho en farmacia y terapéutica, desinfectante de aguas potables, en la fotografía, colorantes.

Zinc

Metal de color blanco azulado y brillo intenso, bastante blando, maleable, no se oxida.
Su mineral más importante es la blenda (ZnS), también la calamina $\left((ZnOH)_2\ SiO_3\right)$ y la smitsonita ($ZnCO_3$).
Se emplea en zincado y galvanizado del acero, aleado al cobre (latones), obras públicas, uso doméstico, electricidad, goma.

RECUBRIMIENTOS Y CAPAS PROTECTORAS DE METALES

Recubrimientos

Recubrimiento de aluminio, cadmio, cromo, níquel, zinc, contra agentes atmosféricos.
Recubrimiento embellecedor de cobre, cromo, níquel, plata.
Recubrimiento de cromo, estaño, níquel, plata, plomo, contra acciones químicas.
Recubrimiento de esmalte, embellecedor y agentes atmosféricos y químicos.
Recubrimiento protector y embellecedor, por medio de barnices y pinturas.

Procedimientos

a) Inmersión.—Se sumerge el metal a recubrir en una disolución de la sal del metal cubridor, y fijado éste, se extrae la pieza, se lava y seca.

b) Baño fundido.—Como en el caso anterior, inmersión de la pieza en una disolución a temperatura elevada.

c) Baño galvánico.—Como en los casos anteriores y en baño caliente, aplicando una corriente eléctrica externa; el metal cubridor se deposita sobre la pieza rápidamente, puro y de espesor conveniente.

d) Difusión.—El metal base y polvo del metal cubridor se calientan a temperatura elevada, a la cual y en presencia del agente transmisor, se funde el polvo sobre la pieza a cubrir.

e) Pulverización.—El metal cubridor en forma de alambre es fundido por medio de gas o de electricidad dentro de una pistola, y proyectado por medio de aire o nitrógeno sobre la pieza a cubrir.

f) Chapado.—El metal de cubrimiento se dispone sobre el de base (en placas) y son sometidos a presión por laminado o prensado, fijándose ambos por adherencia y también por difusión; el cubrimiento se puede hacer por una cara o por las dos, con el mismo material cubriente o por dos distintos (uno en cada cara de la placa a cubrir).

g) Pavonado.—Calentada la pieza base de acero se cubre de una capa de óxido de hierro, que se mantiene tratándola con grasa o aceite.

h) Esmaltado.—La pieza base es recubierta por medio de un baño vítreo constituido por silicatos, boratos y aluminatos acompañados de bórax u otros agentes; es aplicado en caliente (de 400 a 800° C).

i) Barnizado y pintado.—Se cubre la pieza por medio de barniz o de pintura, estables a los agentes atmosféricos o químicos, siendo aquellos materiales de origen orgánico o sintético.

j) Tratamiento químico.—Se sumerge la pieza a cubrir en una solución salina a gran temperatura, que reacciona con el material de base formando una capa aisladora.

Operaciones

Recubrimiento de aluminio.—En baño fundido (capa > 0,04 mm), por difusión (capa hasta 1 mm), por pulverización (capa > 0,08 mm), por chapado (capa del 3 al 10% del conjunto).

Recubrimiento de acero especial.—Por pulverización (capa > 0,1 mm), por chapado (capa ≈ 10% del conjunto).

Recubrimiento de cadmio.—En baño galvánico (capa de 0,005 a 0,025 mm).

Recubrimiento de cromo.—En baño galvánico (capa de 0,01 a 0,05 mm sobre cobreado), por difusión (capa de 0,01 mm aprox.), por chapado (capa no menor que 0,025 mm).

Recubrimiento de estaño.—Por inmersión (capa ≈ 0,001 mm), por baño fundido (capa > 0,003 mm), por baño galvánico (capa > 0,002 mm), por pulverización (capa > 0,05 mm).

Recubrimiento de níquel.—Por inmersión (capa ≈ 0,001 mm), por baño galvánico (capa de 0,005 a 0,015 mm), por chapado (capa ≈ 10% del conjunto).

Recubrimiento de plata.—Por inmersión (capa ≈ 0,001 mm), por baño galvánico (capa de 0,005 a 0,015 mm), por chapado (capa ≈ 10% del conjunto).

Recubrimiento de plomo.—Por inmersión (capa > 0,001 mm), por baño fundido (capa > 0,035 mm), por baño galvánico (capa > 0,025 mm), por pulverización (capa > 0,15 mm).

Recubrimiento de zinc.—Por baño fundido (capa > 0,03 mm), por baño galvánico (capa de 0,005 a 0,05 mm), por difusión (capa de 0,06 mm aprox.), por pulverización (capa > 0,06 mm).

DUREZA DE LOS METALES

Resistencia a la tracción

En la mayor parte de los casos, la calidad de un material metálico se relaciona con su resistencia al esfuerzo de tracción que provoca su rotura.

En la ensayos de tracción, un probeta del material a ensayos, de forma y dimensiones definidas, en una máquina especial de ensayos se somete a la acción de esfuerzos de tracción progresivos, registrando en todo momento el valor del esfuerzo de tracción así como la variación de la distancia entre dos puntos, previamente marcados en la probeta, comprobando su alargamiento bajo la acción de la fuerza de tracción.

La máquina registra, como se indica, la fuerza de tracción y el alargamiento, comprobándose los esfuerzos para el alargamiento proporcional, el del límite de elasticidad, el de fluencia, y finalmente, el que provoca la rotura de la probeta, esfuerzos que se expresan en kg/cm^2 (da N/cm^2) o en kg/mm^2 (da N/mm^2); el alargamiento total representa un % de la longitud inicial.

Dureza

La dureza del material, resistencia que éste opone a ser rayado o penetrado, está relacionada con el esfuerzo de rotura por tracción, indicándose los valores correspondientes, esfuerzo de tracción por rotura o dureza, y también los dos a la vez, para expresar la calidad del material.

La dureza se expresa según el procedimiento que se ha seguido para medirla; se señalan las durezas Brinell, la Vickers, la Rockwell, y la Shoe, que se miden con los durómetros correspondientes.

Dureza Brinell

Para el ensayo de la dureza Brinell, sobre la superficie plana (y limpia) del metal a probar, se aplica por medio de una esfera de acero muy duro, de 10 mm de diámetro, una fuerza de 3000 kg que se mantiene durante unos treinta segundos, midiéndose a continuación la superficie de la huella producida; se expresa:

$$\text{Dureza Brinell, HB} = \frac{\text{Carga o presión sobre la esfera (penetrador)}}{\text{Area de la superficie de la huella}} = \frac{P}{\frac{\pi D}{2}(D \quad \sqrt{D^2 - d^2})} =$$

$$= kg/cm^2 \ (daN/cm^2),$$

- P La presión o carga sobre la bola.
- D El diámetro de la bola o esfera de acero.
- d El diámetro de la huella.

El valor de la resistencia por tracción es $\sigma_t \approx \frac{HB}{3}$ kg/cm^2 (da N/cm^2).

Para aleaciones de cobre y de aluminio, la carga aplicada a la bola es de 1.000 kg, y para metales blandos de 500 kg, manteniendo el diámetro de la bola (10 mm).

Dureza de Vickers

En el ensayo de dureza Vickers el penetrador es una pirámide cuadrangular de diamante con un ángulo de 136° entre caras; la presión ejercida por el durómetro es más reducida que en la prueba Brinell, siendo también más fácil el medir la superficie de la huella, que puede realizarse sobre materiales tanto duros como blandos, y de espesores muy reducidos; similar a la Brinell, se expresa:

$$\text{Dureza Vickers, HV} = \frac{\text{Carga sobre el diamante}}{\text{Área de la huella}} = 1{,}854 \times \frac{P}{d^2}, \ kg/cm^2 \ (da\ N/cm^2),$$

siendo d la diagonal del cuadrado de huella producido por el penetrador (diamante).

Dureza Rockwell

En el durómetro Rockwell el penetrador es una bola de acero duro de 1,59 mm⌀ (HRB), o una diamante de forma esferocónica (HRC). En el ensayo se aplica primeramente sobre el metal y por medio del durómetro una carga de 10 kg, la cual producirá una penetración que se toma como referencia, y seguidamente se aplica la carga total, 60 a 100 kg sobre la bola de acero y hasta 150 kg sobre el diamante, y retirados éstos, en su caso, se obtiene la dureza por la diferencia de huellas.

$$\text{Dureza Rockwell, HRb} - 130 - \frac{\text{Diferencia de huellas}}{0{,}002} \text{ (con bola).}$$

$$\text{Dureza Rockwell, HRc} - 100 - \frac{\text{Diferencia de huellas}}{0{,}002} \text{ (con diamante)}$$

Dureza Shoe

En el ensayo por medio del durómetro Shoe la dureza del material se mide por su elasticidad. Por medio del durómetro sobre el material a prueba debidamente asentado, se deja caer desde una altura fijada, un martillo o pesa con punta muy dura o diamante, la cual rebotando sobre el material se elevará hasta cierta altura, tanto mayor cuanto más duro es el material. Según la altura de rebote, la dureza la proporcionará la escala correspondiente, dispuesta según la altura de caída del martillo o pesa.

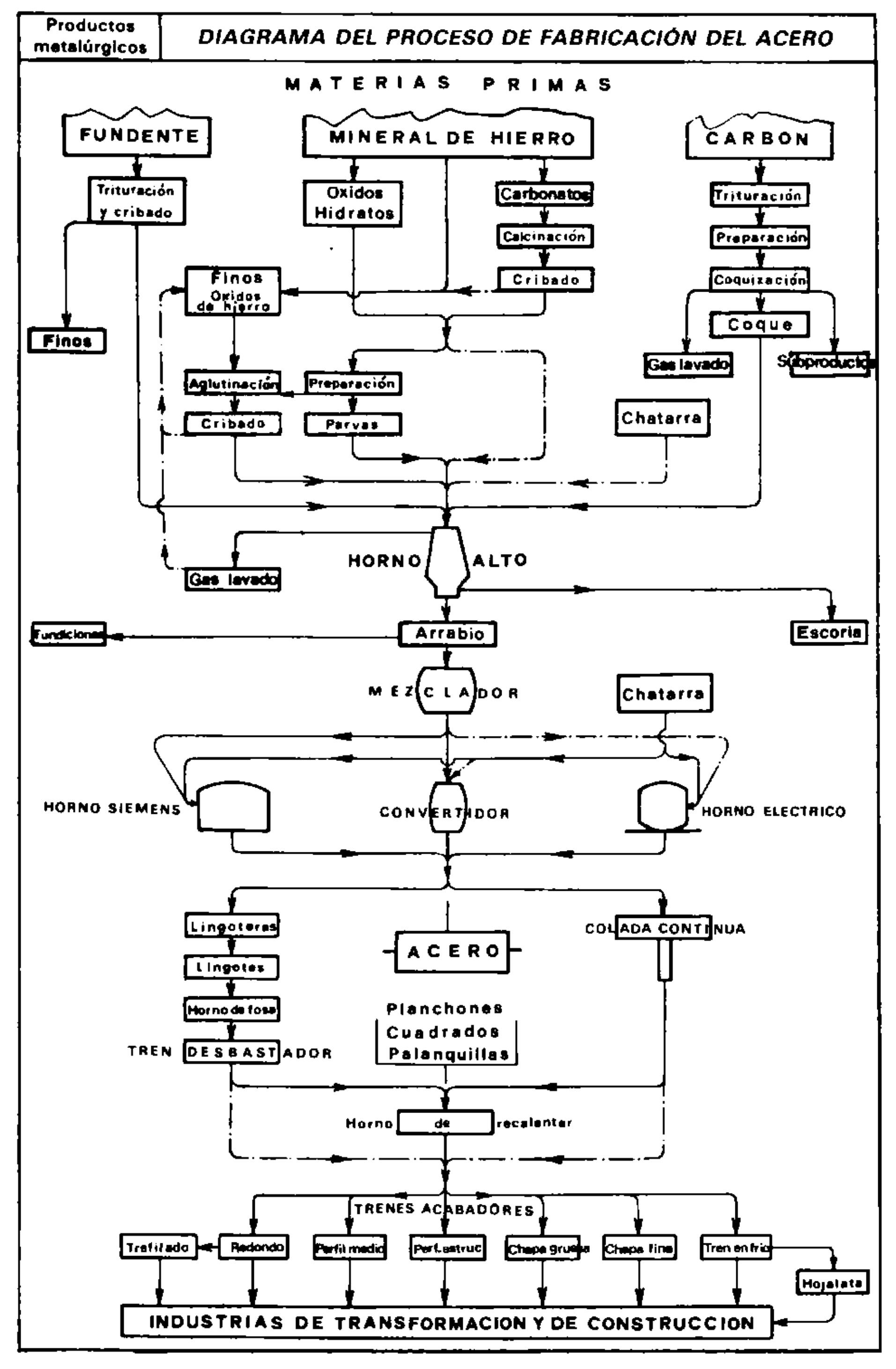
Productos metalúrgicos

VALORES COMPARATIVOS DE DUREZAS

TABLA 13 . 3

Dureza Vickers HV	*Dureza Brinell* HB	*Resistencia a la tracción* kg/mm²	*Dureza Rockwell* B HRb	*Dureza Rockwell* C HRc	*Dureza Vickers* HV	*Dureza Brinell* HV	*Resistencia a la tracción* kg/mm²	*Dureza Rockwell* B HRb	*Dureza Rockwell* C HRc
90	90	32			550	515	183		51,7
100	100	36	57		560	522	186		52,3
110	110	40	63		570	529	190		52,9
120	120	43	68		580	536	193		53,5
130	130	46	73		590	543	197		54,1
140	140	49	77		600	549	200		54,6
150	150	52	81		610	556	205		55,1
160	160	55	84		620	562	210		55,6
170	170	58	87		630	568			56,1
180	180	61	90		640	574			56,6
190	190	64	92		650	580			57,1
200	200	67	94	14	660	586			57,6
210	210	70	95,5	16	670	592			58,1
220	220	74	97	18	680	598			58,5
230	230	77	98,5	20	690	604			59,0
240	240	80	100	22	700	609			59,4
250	250	83	101	23,5	710	615			59,9
260	260	86	102	25	720	620			60,3
270	270	89	103,5	26,5	730	625			60,7
280	280	92	104,5	28	740	630			61,1
290	290	95	105,5	29,5	750	635			61,5
300	300	99	106,5	31	760	640			61,9
310	310	102		32	770	645			62,3
320	320	106		33	780	649			62,6
330	330	109		34	790	654			63,0
340	339	112		35	800	658			63,3
350	349	115		36	810	663			63,7
360	358	119		37	820	667			64,0
370	367	122		38	830	671			64,4
380	376	126		39	840	675			64,7
390	385	129		40	850	679			65,1
400	394	132		41	860	682			65,4
410	403	136		41,8	870	686			65,8
420	412	139		42,6	880	689			66,1
430	421	143		43,4	890	693			66,5
440	429	146		44,2	900	696			66,8
450	438	149		45	910	699			67,2
460	446	152		45,7	920	702			67,5
470	454	155		46,4	930	705			67,8
480	462	159		47,1	940	708			68,1
490	470	162		47,8	950	711			68,4
500	477	165		48,5	960	713			68,7
510	485	169		49,2	970	716			69,0
520	492	172		49,8	980	718			69,3
530	500	176		50,5	990	720			69,6
540	507	179		51,1	1000	722			69,9

Nota.— La resistencia a la tracción es aproximadamente igual a 1/3 de la dureza Brinell.



Productos metalúrgicos
DIAGRAMA DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL ACERO
MATERIAS PRIMAS
FUNDENTE
MINERAL DE HIERRO
CARBON
Trituración y cribado
Oxidos Hidratos
Carbonatos
Calcinación
Cribado
Trituración
Preparación
Coquización
Finos Oxidos de hierro
Finos
Coque
Gas lavado
Subproductos
Aglutinación
Preparación
Cribado
Parvas
Chatarra
HORNO ALTO
Gas lavado
Fundiciones
Arrabio
Escoria
MEZCLADOR
Chatarra
HORNO SIEMENS
CONVERTIDOR
HORNO ELECTRICO
Lingoteras
Lingotes
Horno de fosa
TREN DESBASTADOR
ACERO
COLADA CONTINUA
Planchones
Cuadrados
Palanquillas
Horno de recalentar
TRENES ACABADORES
Trefilado
Redondo
Perfil medio
Perf. estruc
Chapa gruesa
Chapa fina
Tren en frío
Hojalata
INDUSTRIAS DE TRANSFORMACION Y DE CONSTRUCCION

Productos metalúrgicos	ACCIÓN DE DIVERSOS ELEMENTOS EN LA ALEACIÓN DE LOS ACEROS			
ELEMENTOS	ACCIONES			
	Efecto endurecedor sobre la ferrita	Influencia en la templabilidad	Influencia en la disminución de la dureza en el revenido	Principales funciones que desempeñan cada uno de los elementos
ALUMINIO	Muy endurecedor, cuando está en solución sólida.	Aumenta ligeramente	No ejerce influencia sensible.	1.° Acción desoxidante. 2.° Limita el crecimiento del grano por formación de óxidos y nitruros. 3.° Es el elemento aleado fundamental de ciertos aceros de nitruración
BORO	Muy poco	Aumenta considerablemente la templabilidad estando disuelto en la austenita	No ejerce influencia sensible.	Intensifica extraordinariamente la templabilidad en concentraciones del orden de 0,005%
COBALTO	Muy endurecedor	Disminuye la templabilidad	No ejerce influencia sensible	1.° Mejora la dureza en caliente al aumentar la dureza de la ferrita
CROMO	Endurece ligeramente. Mejora la resistencia a la corrosión	Aumenta moderadamente	Mediana resistencia al ablandamiento	1.° Aumenta la templabilidad 2.° Mejora la resistencia a la abrasión y al desgaste. 3.° Aumenta la resistencia a la corrosión y oxidación. 4.° Aumenta la resistencia a altas temperaturas.
FÓSFORO	Muy endurecedor	Aumenta moderadamente	No ejerce influencia sensible	1.° Aumenta la resistencia y dureza de los aceros de bajo contenido en carbono. 2.° Mejora en esos casos la maquinabilidad 3.° Mejora ligeramente la resistencia a la corrosión.
MANGANESO	Muy endurecedor.	Aumenta notablemente	Tiene poca influencia en porcentajes normales.	1.° Aumenta la templabilidad, siendo su empleo muy económico. 2.° Contrarresta la fragilidad en caliente debida al azufre. 3.° Actúa como desoxidante
MOLIBDENO	Origina envejecimiento	Aumenta mucho la templabilidad mayor que el Cr	Se opone al ablandamiento y aparece la dureza secundaria.	1.° Aumenta la templabilidad. 2.° Contrarresta la fragilidad de revenido 3.° Mejora la resistencia en caliente.
NÍQUEL	Endurece y mejora la tenacidad	Aumenta ligeramente. Tiende a retener austenita en los aceros altos en carbono.	Muy poco en pequeños porcentajes	1.° Aumenta la tenacidad de los aceros. 2.° Aumenta la resistencia de los aceros recocidos 3.° Hace austeníticos los aceros altos en cromo
SILICIO	Endurece con pérdida de plasticidad.	Aumenta moderadamente $Ni < Si < Mn$	No ejerce influencia sensible.	1.° Se usa como elemento desoxidante. 2.° Mejora la templabilidad en los aceros con elementos no gratificantes. 3.° Aumenta la resistencia de los aceros bajos en carbono
TITANIO	Origina envejecimiento	Aumenta muy fuertemente cuando se disuelve. Disminuye cuando está en forma de carburos.	En forma de carburos no ejerce influencia importante. Hay algo de endurecimiento secundario.	1.° Fija el carbono en forma de partículas inertes. 2.° Reduce la dureza martensítica y la templabilidad en los aceros al cromo. 3.° Dificulta la formación de austenita en los aceros altos en cromo. 4.° Evita la pérdida de cromo en ciertas zonas de los aceros inoxidables durante calentamientos muy prolongados.
VANADIO	Endurece moderadamente.	Aumenta muy fuertemente cuando está disuelto.	Gran oposición al ablandamiento y aparece la dureza secundaria.	1.° Dificulta el crecimiento del grano en los aceros en los calentamientos. 2.° Aumenta la templabilidad cuando se encuentra disuelto. 3.° Dificulta el ablandamiento en el revenido y da lugar al fenómeno de dureza secundaria.
WOLFRAMIO	Origina envejecimiento	Aumenta muy fuertemente cuando está en pequeñas cantidades.	Se opone al ablandamiento y aparece la dureza secundaria.	1.° Forma carburos duros y resistencia al desgaste a elevadas temperaturas. 2.° Mejora la dureza a elevada temperatura de los aceros.

Nota.—Todos los elementos que se citan se disuelven en la ferrita del acero.

Productos metalúrgicos	SERIE F-100. — ACEROS FINOS DE CONSTRUCCIÓN	TABLA 14_1 . 3

ESPECIFICACION		COMPOSICION QUIMICA %										TRATAMIENTOS TERMICOS (Grados C.)					
Tipo	Designación	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V		Forja	Normalizado	Recocido	Cementado	Temple	Revenido
	GRUPO F-110.- ACEROS AL CARBONO																
F-111	Acero extrasuave	0,15	0,40	0,22	0,04	0,04						1150 a 900°		900 a 940° aire	875 a 925° aire		
F-112	Acero suave	0,25	0,55	0,22	0,40	0,04						1100 a 875°	875 a 925° aire	850 a 900° aire		845 a 870° agua	
F-113	Acero semi-suave	0,35	0,55	0,22	0,04	0,04						1100 a 850°	875 a 900° aire	850 a 875° horno			Tenaz a 650° Duro a 450°
F-114	Acero semi-duro	0,45	0,55	0,22	0,04	0,04						1100 a 850°	860 a 880° aire	835 a 855° horno		825 a 845° agua	Tenaz a 650° Duro a 450°
F-115	Acero duro	0,55	0,55	0,22	0,04	0,04						1050 a 850°	850 a 870° aire	815 a 840° horno		805° en agua 825° en aceite	Tenaz a 650° Duro a 450°
	GRUPO F-120/130.- ACEROS ALEADOS DE GRAN RESISTENCIA																
F-121	Acero al Ni (3% de Ni)	0,30	0,55	0,22	0,04	0,04		3,00				1100 a 850°	890° aire	875° horno		830° en aceite 860° en agua	Tenaz a 650° Duro a 550°
F-122	Acero al Cr-Ni duro	0,30	0,55	0,22	0,04	0,04	1,25	4,25				1200 a 950°		850° horno		810° en aceite 830° en aire	Tenaz a 650° Duro a 550°
F-123	Acero al Cr-Ni tenaz	0,30	0,55	0,22	0,04	0,04	0,65	3,00				1100 a 850°		800° horno		820/850 aceite	Tenaz a 650° Duro a 550°
F-124	Acero al Cr-Mo duro	0,35	0,55	0,22	0,04	0,04	3,00		0,50			1200 a 900°	880 a 900° aire	840 a 860° horno		850 a 900° aceite	Tenaz a 670° Duro a 550°
F-125	Acero al Cr-Mo tenaz	0,35	0,55	0,22	0,04	0,04	1,20		0,3			1200 a 900°	870 a 890° aire	840 a 860° horno		870 a 890° aceite	Tenaz a 650° Duro a 500°
F-126	Acero al Cr-Ni-Mo duro	0,30	0,55	0,22	0,04	0,04	1,25	4,25	0,40			1050 a 850°		850° horno		810° en aceite 830° en aire	Tenaz a 670° Duro a 550°
F-127	Acero al Cr-Ni-Mo tenaz	0,30	0,55	0,22	0,04	0,04	0,65	2,50	0,40			1100 a 850°		860°		820 a 850° aceite	Tenaz a 650° Duro a 500°
F-128	Acero de baja aleación, duro	0,40	0,60	0,22	0,04	0,04	1,15	1,40	0,20			1200 a 800°	840 a 860° aire	790 a 810° horno		820 a 840° aceite	Tenaz a 650° Duro a 500°
F-129	Acero de baja aleación, tenaz	0,40	1,35	0,22	0,04	0,04	0,45	0,75	0,20			1200 a 900°	850 a 870° aire	810 a 830° horno		830 a 860° aceite	Tenaz a 650° Duro a 500°
F-131	Acero al Cr-V para cojinetes de bolas	1,10	0,30	0,22	0,04	0,04	1,60			0,25						890° aire	
F-132	Acero al Cr-Ni de autotemple	0,35	0,55	0,22	0,04	0,04	1,25	4,25				1100 a 850°		810°		800° en aceite 820° en aire	Tenaz a 650° Duro a 550°
F-133	Acero al Cr-Ni-Mo de autotemple	0,35	0,55	0,22	0,04	0,04	1,25	4,25	0,40			1100 a 850°		825°		830° en aceite 850° en aire	Tenaz a 650° Duro a 500°
	GRUPO F-140.- ACERO DE GRAN ELASTICIDAD																
F-141	Acero al carbono para muelles. Temple en aceite	0,70	0,40	0,20	0,04	0,04						1000 a 850°	810° aire	780° horno		815 a 825° aceite	
F-142	Acero al carbono para muelles. Temple en agua	0,50	0,75	0,22	0,04	0,04						1050 850°	830° aire	800° horno		800 a 820° agua	
F-143	Acero al Cr-V para muelles	0,50	0,60	0,22	0,04	0,04	1,00			0,20		1100 a 880°	860° aire	830° horno		850 a 900° aceite	
F-144	Acero mangano-silicioso para muelles	0,55	0,85	1,75	0,04	0,04						1000 850°	850° aire	820° horno		850 a 900° aceite	
F-145	Acero mangano-silicioso para muelles, Temple en aceite	0,50	0,75	1,75	<0,04	<0,04						1000 a 850°	875° aire	850° horno		875 a 900° agua	

Productos metalúrgicos	SERIE F-100.—ACEROS FINOS DE CONSTRUCCIÓN	TABLA 14_2 . 3 (Continuación)

CARACTERISTICAS MECANICAS						EMPLEO	
Estado	R kg/mm²	E kg/mm²	A %	ρ kgm/cm²	HB	Aplicaciones	Observaciones
GRUPO F-110.-ACEROS AL CARBONO							
Normalizado	38-48	25-30	28-23	24-18	110-135	Elementos de maquinaria de gran tenacidad Deformación en frio, embutición, plegado, etc. de baja resistencia. Herrajes, piezas para soldar.	Acero facilmente soldable y deformable. Recocidos intermedios 550° a 700°.
Normalizado	48-55	30-35	24-18	18-13	135-160	Piezas de resistencia media de buena tenacidad. Deformación en frio, embutición, plegado, etc. Herrajes, elementos auxiliares, etc.	Acero soldable con tecnica adecuada.
Normal. Templa. y reven.	55-62 80	30-40 60	18-16 13	10 12	150-170 214-244	Ejes, elementos maquinaria, piezas resistentes y tenaces. Pernos, tornillos, herrajes. En piezas delgadas se aumentan caracteristicas por temple y revenido.	Se templa bien, debe cuidarse el peligro de deformaciones
Normal. Templa. y reven.	62-70 90	40-42 70	16-13 8	10-7 6	247-277	Ejes y elementos de máquinas, piezas bastante resistentes, cilindros de motores de explosión, transmisiones.	Se templa bien, debiendo cuidarse las deformaciones
Normal. Templa. y reven.	70-75 100	42-45 80	13-11 6	7-5 4	200-220 278-308	Ejes, transmisiones, tensores y piezas regularmente cargadas y de espesores no muy elevados.	Templa bien en agua y aceite
GRUPO F-120/130.-ACEROS ALEADOS DE GRAN RESISTENCIA							
Templa. y reven.	80	60	14	14	225-250	Piezas de resistencia media y alta calidad.	Gran ductilidad.
Templa. y reven.	100	80	12	11	280-305	Cigüeñales, bielas, ejes muy cargados, piezas de gran resistencia y grandes dimensiones.	Templa al aire, pero para grandes espesores en aceite, fragilidad de revenido.
Templa. y reven.	85	65	15	14	236-266	Piezas de gran resistencia y dimensiones elevadas. Cigüeñales, ejes de gran resistencia, bielas, etc.	Poco deformable en el temple. Sensible a la fragilidad del revenido.
Templa. y reven.	120	105	7	7	337-367	Elementos de motores y máquinas de gran resistencia y buena tenacidad. Cigüeñales, ejes, bielas, etc. Posible nitruración para gran dureza superficial.	Temple al aire en piezas de poco espesor Admite tratamiento de nitruración.
Templa. y reven.	105	90	11	10	295-325	Piezas de resistencia media. Piezas de maquinaria y motores de poco espesor y gran resistencia y buena tenacidad.	
Templa. y reven.	115	100	9	9	321-351	Piezas de máxima responsabilidad en motores de aviación de gran resistencia y grandes dimensiones. Cigüeñales, bielas, ejes muy cargados, ejes.	Se templa al aire, pero para piezas de grandes dimensiones, en aceite.
Templa. y reven.	105	90	11	11	295-325	Piezas de gran resistencia y máxima responsabilidad de menores espesores que F-126. Cigüeñales, bielas, etc. Adecuado para temperaturas hasta 350°	Templa al aire pero recomendable en aceite. Resistente a la fluencia, estable
Templa. y reven.	110	95	8	8	307-337	Piezas de alta resistencia con buena templabilidad. Apropiado para automoviles y ferrocarriles.	
Templa. y reven.	100	60	10	9	280-310	Piezas de alta resistencia con buena templabilidad. Piezas de máquinas y motores de no muy grandes espesores.	
Templa. y reven. 200°	200 a 220				60-63	Cojinetes de bolas, rodillos, etc. Piezas de gran dureza másica.	Poca ductilidad pero gran resistencia al desgaste y a la fatiga.
Templa. y reven.	110	90	8	8	309-339	Engranajes, taqués, arandelas, regables, valvulas, piezas de dureza másica.	No se debe forjar a menos de 850°, calentamiento regular. Grandes dimensiones, temple en aceite.
Templa. y reven.	125	105	6	5	340-370	Piezas de gran dureza másica con alta resistencia a la fatiga, engranajes, piezas de reductor, etc.	Evitar forjar a menos de 850°. Vigilar la decarburación.
GRUPO F-140.-ACEROS DE GRAN ELASTICIDAD							
Temp. y reven. a 450°	130	110	4	3	39-41	Flejes, cuerdas de piano, etc. En general para pequeños espesores.	Debe templarse en aceite.
Temp. y reven. a 450°	130	110	4	3	39-41	Flejes, cuerdas de piano, etc. En general para pequeños espesores.	Debe templarse en agua.
Temp. y reven. a 450°	155	140	5	3	44-46	Muelles y ballestas de alta calidad, engranajes, órganos de transmisión y árboles muy cargados. Muelles de válvulas de motor de avión y automovil.	Debe impedirse la decarburación superficial. Herramientas de choque y corte en frio.
Temp. y reven. a 500°	145	130	4,5	3	42-44	Muelles de ballestas y resortes de grandes dimensiones.	Debe vigilarse la decarburación. Herramientas de choque y corte en frio.
Temp. y reven. a 500°	140	125	5	3,5	41-43	Muelles de ballestas y resortes de grandes dimensiones.	Debe vigilarse cuidadosamente la decarburación

Productos metalúrgicos	SERIE F-100.—ACEROS FINOS DE CONSTRUCCIÓN																TABLA 14_3 . 3
ESPECIFICACION		COMPOSICION QUIMICA										TRATAMIENTOS TERMICOS (Grados C.)					
Tipo	Designación	%										Forja	Normalizado	Recocido	Cementado	Temple	Revenido
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Al						
GRUPO F-150-160.-ACEROS PARA CEMENTACION																	
F-151	Acero para cementación al C.	0,10	0,35	0,25	0,04	0,04						1100 a 850°		890 a 900°	900 a 950°	880 a 910° en aceite 740 a 780° en agua	150 a 200° en aire (cement)
F-152	Aceros para cementación al Ni.	0,12	0,45	0,22	0,04	0,04		3,25				1100 a 850°		860 a 890°	880 a 930°	850 a 900° en aceite (760 a 780 en agua)	150 a 200° en aire (cement)
F-153	Acero para cementación al Cr-Ni duro.	0,12	0,45	0,22	0,04	0,04	1,00	4,15				1200 a 900°		820 a 840°	880 a 930° aire	800 a 830° en aceite (760 a 780° en agua)	Tenaz a 650° Duro a 550° agua
F-154	Acero para cementación al Cr-Ni tenaz	0,12	0,45	0,22	0,04	0,04	0,65	2,65				1200 a 900°		830 a 860°	850 a 900° aire	815 a 850° aceite 760 a 780° agua	150 a 200° en aire (cement)
F-155	Acero para cementación al Cr-Mo.	0,14	0,45	0,22	0,04	0,04	1,15		0,20			1200 a 900°		890 a 910°	890 a 940° aire	870 a 900° aceite (780 a 810° aceite)	150 a 200° en aire (cement)
F-156	Acero para cementación al Cr-Ni-Mo duro	0,15	0,50	0,22	0,04	0,04	1,00	4,00	0,25			1200 a 900°		840 a 875°	860 a 930° aire	830 a 860° aceite (750 a 770° aceite)	150 a 200° en aire (cement)
F-157	Acero de cementación al Cr-Ni-Mo tenaz	0,15	0,50	0,22	0,04	0,04	0,65	3,00	0,30			1200 a 900°		840 a 875°	880 a 930° aire	830 a 860° aceite (760 a 780° aceite)	150 a 200° en aire (cement)
F-158	Acero para cementación de baja aleación, duro	0,18	0,55	0,22	0,04	0,04	2,00	2,00	0,20			1150 a 900°		860 a 890°	880 a 930° aire	840 a 980° aceite (780 a 810° aceite)	150 a 200° en aire (cement)
F-159	Acero para cementación de baja aleación, tenaz.	0,18	0,55	0,22	0,04	0,04	0,50	1,75	0,20			1200 a 900°		860 a 890°	880 a 930° aire	850 a 880° aceite (750 a 790° aceite)	150 a 200° en aire (cement)
F-161	Acero de cementación 111.	0,18	1,00	0,22	0,04	0,04	1,00	1,00	0,15			1200 a 900°		850 a 880°	880 a 930° aire	840 a 870° aceite (760 a 780° aceite)	150° a 200° en aire (cement)
F-162	Acero para cementación 111.	0,14	0,70	0,22	0,04	0,04	1,00	1,00	0,15			1200 a 900°		860 a 890°	880 a 900° aire	850 a 880° aceite (760 a 780° aceite)	150 a 200° en aire (cement)
GRUPO F-170.-ACEROS PARA NITRURACION																	
F-171	Acero para nitruración al Cr-Mo-V de alta resistencia.	0,32	0,65	0,22	0,04	0,04	3,25		0,40	0,22		1150 a 900°		890 a 900°	Nitrurado 510°	890 a 910°	600 a 645°
F-172	Acero para nitruración al Cr-Mo-V de resistencia media.	0,25	0,65	0,22	0,04	0,04	3,25		0,40	0,22		1180 a 900°		910 a 920°	510°	900 a 910°	600 a 625°
F-173	Acero para nitruración al Cr-Mo-V de baja resistencia.	0,20	0,65	0,22	0,04	0,04	2,85		0,40	0,22		1200 a 900°		910 a 920°	510°	900 a 910°	600 a 625°
F-174	Acero para nitruración al Cr-Al-Mo de alta dureza.	0,40	0,65	0,22	0,04	0,04	1,50		0,20		1,00	1100 850°		900 a 910° horno	510°	890 a 900° aceite	600 a 625°

Productos metalúrgicos	SERIE F-100.—ACEROS FINOS DE CONSTRUCCIÓN	TABLA 14_4 . 3 (Continuación)

CARACTERISTICAS MECANICAS						EMPLEO	
Estado	R kg/mm²	E kg/mm²	A %	ρ kgm/cm²	HB	Aplicaciones	Observaciones
GRUPO F-150/160.-ACEROS PARA CEMENTACION							
Cementado y tratado	45	25	22	18		Piezas cementadas poco cargadas y de espesor reducido, de poca responsabilidad y escasa tenacidad en el núcleo.	
Cementado y tratado	75	55	18	18		Piezas cementadas poco cargadas y de dimensiones reducidas. Piezas de automovilismo y aviación de núcleo de alta tenacidad y ductilidad.	Se puede templar en agua reduciendo la temperatura en 20°.
Cementado y tratado	120	100	12	12		Piezas de gran resistencia en el núcleo y buena tenacidad. Elementos de máquinas y motores de características indicadas. Engranajes, levas, etc.	
Cementado y tratado	95	75	14	14		Piezas de gran dureza superficial. Piezas para automovilismo y maquinaria, engranajes, levas, etc.	Se puede templar en agua reduciendo la temperatura en 20°.
Cementado y tratado	95	75	14	14		Piezas para automovilismo y maquinaria de gran dureza superficial y núcleo resistente. Piezas que sufran gran desgaste y transmitan esfuerzos elevados. Engranajes, levas, etc.	Se puede templar en agua reduciendo la temperatura en 20°.
Cementado y tratado	130	110	9	9		Piezas de grandes dimensiones de muy alta resistencia y dureza superficial. Máquinas y motores de máxima responsabilidad. Ruedas dentadas, etc.	Muy alta templabilidad.
Cementado y tratado	110	90	12	12		Piezas con resistencia en el nucleo, inferior a las del acero F-156. Piezas de grandes dimensiones. Piezas para automovilismo y aviación.	
Cementado y tratado	125	105	8	8		Se puede utilizar como sustitutivo de los aceros F-153 y F-156.	
Cementado y tratado	100	80	13	13		Se puede utilizar como sustitutivo de los aceros F-154 y F-157.	
Cementado y tratado	110	90	9	9		Análogas a las del acero F-158, resultando menos templable y mas económico.	
Cementado y tratado	100	80	11	11		Análogas a las del acero F-161, siendo de inferior templabilidad y resistencia	
GRUPO F-170.-ACEROS PARA NITRURACION							
Tratado y nitrurado	120	105	8	6		Piezas de gran resistencia y elevada dureza superficial para resistir el desgaste.	La capa nitrurada se adhiere muy bien al nucleo, sin temor a descascarillamiento.
Tratado y nitrurado	100	80	12	12		Piezas de menor resistencia que las fabricadas con el acero F-171, siendo también de gran dureza superficial	Igual que las del acero F-171.
Tratado y nitrurado	95	70	15	15		Piezas de resistencia media y gran dureza superficial.	Igual que las del acero F-171.
Tratado y nitrurado	100	80	10	9		Piezas de resistencia media, que deban tener la mayor durera superficial posible.	La capa nitrurada puede descascarillarse y es de gran fragilidad.

Productos metalúrgicos	SERIE F-200.—ACEROS FINOS PARA USOS ESPECIALES	TABLA 15_1 . 3

ESPECIFICACION		COMPOSICION QUIMICA										TRATAMIENTOS TERMICOS (Grados C.)					
Tipo	Designación	%										Forja	Normalizado	Recocido	Cementado	Temple	Revenido
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V							
GRUPO F-210.-ACEROS DE FACIL MECANIZACION																	
F-211	Acero de facil mecanización al S.	0,20	0,90	0,10	0,10	0,25						1200 a 850°	875 a 915° aire	860 a 890° aire			
F-212	Acero de facil mecanización al Pb.	0,20	0,10	0,22	0,05	0,15					Pb 0,20	1150 a 900°	900 a 940° aire	875 a 925° aire			
GRUPO F-220.-ACEROS DE FACIL SOLDADURA																	
F-221	Acero al C para piezas soldadas.	0,20	0,55	0,22	0,04	0,04						1150 a 900°	900 a 925° aire	875 a 900° aire			
F-222	Acero al Cr-Mo.	0,28	0,55	0,22	0,04	0,04	0,95	0,90	0,20			1050 875°	900 a 950° aire	890 a 925° horno		860 a 900° aceite	Tenaz a 650° Duro a 500° aire
F-223	Acero al Cr-V, soldable.	0,30	0,50	0,22	0,04	0,04	0,95	0,30		0,17		1050 a 875°	900 a 925° aire	870 a 890° horno		880 a 910° aceite	Tenaz a 650° Duro a 500° aire
F-224	Acero al Cr-Mn-V soldable.	0,28	1,15	0,22	0,04	0,04	0,75			0,15		1050 a 875°	850 a 900° aire	830 a 860° horno		860 a 890° aceite	Tenaz a 650° Duro a 400° aire
GRUPO F-230.-ACEROS DE PROPIEDADES MAGNETICAS																	
F-231	Acero para chapas de transformadores	0,08	0,10	4,75	0,025	0,025						1100 a 900°	910 a 940° aire	890 a 920° aire			
F-232	Acero para chapas de inducidos de motores.	0,10	0,35	2,50	0,04	0,04						1100 a 900°	910 a 940° aire	890 a 920° aire			
F-233	Acero para imanes al W.	0,65	0,30	0,22	0,04	0,04					W 6,00	1250 a 950°		820° horno		820 a 860° agua o aceite	
F-234	Acero para imanes al Co.	1,10	0,50	0,22	0,03	0,03	9,5		1,5		Co 9,0	1100 a 900°		820° horno		950° aire	
GRUPO F-240.-ACEROS DE ALTA Y BAJA DILATACION																	
F-241	Acero de alta dilatación.	0,70	4,50	0,50	0,04	0,04	3,00	12,5							Solubilización 1000° aire		
F-242	Acero de baja dilatación.	0,20	0,40	0,30	0,04	0,04		36,00									
GRUPO F-250.-ACEROS RESISTENTES A LA FLUENCIA																	
F-251	Acero al Mo.	0,18	0,60	0,30	0,04	0,04			0,55		Cu 0,18	1150 a 900°	900 a 950°				

Productos metalúrgicos	SERIE F-200.—ACEROS FINOS PARA USOS ESPECIALES	TABLA 15_2 . 3

CARACTERISTICAS MECANICAS						EMPLEO	
Estado	R kg/mm²	E kg/mm²	A %	ρ kgm/cm²	HB	Aplicaciones	Observaciones
GRUPO F-210.-ACEROS DE FACIL MECANIZACION							
Con acritud	40	18	10		120-146	Tornillería, pasadores, y en general piezas fabricadas en torno automático.	Mecanización a altas velocidades. Despega facilmente la viruta.
Con acritud	65	45	8		156-217	Igual que el acero F-211	Mecanización a altas velocidades. Despega bien la viruta. Más resistente que el F-211.
GRUPO F-220.-ACEROS DE FACIL SOLDADURA							
Normalizado	40-50	25-35	22-18		115-145	Piezas susceptibles de soldar, piezas embutidas, herrajes de avión, etc.	Acero más alto en carbono que el F-111 y más bajo que el F-112, con los que corresponde.
Templ. y reven.	116	90	9	9	320-350	Tubos y perfiles soldables de elevada resistencia, herrajes, tornillería, etc.	Por su facil templabilidad hay que calentar las zonas a soldar para que se enfríen lentamente
Templ. y reven.	100	80	11	11	269-311	Tubos de avión, herrajes, piezas soldadas de alta resistencia	El revenido es con enfriamiento al aire
Templ. y reven.	120	100	12	12	321-387	Acero muy apto para soldadura, de más facil empleo que el F-222.	
GRUPO F-230.-ACEROS DE PROPIEDADES MAGNETICAS							
						Chapas para transformadores.	En chapas de 0,5 mm, con 10.000 Gauss, pérdida de 1,3 a 1,7 w/kg.
						Chapas para inducidos de motores, dinamos y alternadores.	En chapas de 0,5 mm, con 10.000 Gauss, pérdida de 2 a 3,3 w/kg.
						Imanes permanentes de menor fuerza coercitiva que los del tipo F-234.	Debe emplearse templado con un revenido no superior a 125° durante 10 horas
						Imanes permanentes de muy alta fuerza coercitiva	Debe emplearse templado con un revenido no superior a 125° durante 10 horas.
GRUPO F-240.-ACEROS DE ALTA Y BAJA DILATACION							
Solubilizado	70	35	50		190-220	Piezas de acero engarzadas en aleaciones ligeras, como asientos de válvulas en culatas de aluminio etc.	Coeficiente de dilatación doble que el de los aceros corrientes y casi igual al de aleaciones ligeras
						Aparatos y piezas de precisión para temperaturas entre 0 y 200°.	Su coeficiente de dilatación es practicamente nulo. Hay que emplearlo bien estabilizado.
GRUPO F-250.-ACEROS RESISTENTES A LA FLUENCIA							
a 400°	46	17	26			Para instalaciones industriales en las que algunos elementos (tuberías, manguitos, etc.), trabajan a temperaturas de 250 a 500°.	

Productos metalúrgicos	SERIE F-300.—ACEROS RESISTENTES A LA OXIDACION Y CORROSION											TABLA 16_1 . 3					
ESPECIFICACION		COMPOSICION QUIMICA										TRATAMIENTOS TERMICOS (Grados C)					
Tipo	Designación	%										Forja	Normalizado	Recocido		Temple	Revenido
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V							
GRUPO F-310.-ACEROS INOXIDABLES																	
F-311	Acero inoxidable 13 % Cr extra suave	< 0,15	< 1,00	< 1,00	< 0,04	< 0,035	13					870 a 1150°		815 a 880° horno		930 a 1000° aceite	600 a 730° aire
F-312	Acero inoxidable 13 % Cr	0,35	< 1,00	< 1,00	< 0,04	< 0,035	13					870 a 1150°		850 a 900° horno		950 a 1000° aceite	600 a 725° aire
F-313	Acero inoxidable 16 Cr-2 Ni	< 0,20	< 1,00	< 1,00	< 0,04	< 0,035	16	2				900 a 1150°		720 a 770° horno		950 a 1020° aceite	600 a 650° agua
F-314	Acero inoxidable al cromo-niquel (18-8)	< 0,18	< 2,00	< 1,00	< 0,04	< 0,035	18	9				925 a 1200°	1000 a 1100°			No templable térmicamente	
F-315	Acero inoxidable al Cr-Mn	< 0,14	18	1,25	< 0,04	< 0,035	11,5					900 a 1100°		900 a 950° aceite		No tratable térmicamente	
GRUPO F-320.-ACEROS PARA VALVULAS																	
F-321	Acero al Cr-Ni-W (12-12) para válvulas	0,45	1,15	1,30	< 0,04	< 0,035	13,5	13,5			W 3,0	950 a 1200°		1000 a 1050° aceite		No tratable térmicamente	
F-322	Acero silicrom.	0,40	0,50	2,5	< 0,04	< 0,035	10		0,90			1000 a 1200°		950 a 1000° horno		1025 a 1075°	750 a 850°
F-323	Acero silicrom B	0,65	0,45	1,55	< 0,04	< 0,035	8,25					960 a 1100°		940 a 970° horno		960 a 980° aire	780 a 800° aire
GRUPO F-330.-ACEROS REFRACTARIOS																	
F-331	Acero refractario Cr-Ni(25-20)	< 0,15	< 2,00	< 1,00	< 0,04	< 0,035	25	20				980 a 1180°		1120 a 1180° agua		No tratable térmicamente	
F-332	Acero al Cr-Ni (18-8 estabilizado)	< 0,08	1,50	< 1,00	< 0,04	< 0,035	18	9,5			Ti > 5 x %C	925 a 1200°		975 a 1100° agua (aire)		No tratable térmicamente	

Productos metalúrgicos	SERIE F-300.—ACEROS FINOS PARA USOS ESPECIALES						TABLA 16_2 . 3
CARACTERISTICAS MECANICAS						EMPLEO	
Estado	R Kg/mm²	E Kg/mm²	A %	ρ Kgm/cm²	HB	Aplicaciones	Observaciones
GRUPO F-310.-ACEROS INOXIDABLES							
Templado y revenido	80	60	15		175-205	Elementos de máquinas, álabes de turbinas, válvulas, tubos, ejes de bombas, etc.	Soldable autotemplándose las zonas soldadas por lo que es recomendable revenir a 600 ó 700°
Templado y revenido	95	80	12		272-302	Alabes de turbinas, ejes de bombas de agua, cuchillería, piezas de máquinas, etc.	Difícilmente soldable; para esta operación se recomienda un precalentamiento de 250° a 350° y un revenido de 600 a 700°
Templado y revenido	90	75	13		260-290	Ejes de bombas y en general piezas cargadas sometidas a corrosión a alta temperatura, con resistencia media.	Soldable con técnica adecuada; resistente al agua de mar y humedad. Buena resistencia a la oxidación con temperaturas de hasta 800 a 900°
Solubilizado 1000 a 1100° agua	60	20	50		175-194	Ejes y cuerpos de bombas, instrumentos, etc.	Soldable debiendo recocerse. Utilización en medios corrosivos a temperaturas inferiores a 400°
Solubilizado	65	25	40		170-290	Colectores de escape y piezas similares.	Es soldable y resiste bien altas temperaturas. Amagnético.
GRUPO F-320.-ACEROS PARA VALVULAS							
Recocido	80	60	18		225-255	Válvulas que trabajan a altas temperaturas y bajo la acción de gasolinas altamente corrosivas.	Tipo amagnético.
Templado y revenido	90	70	15		260-320	Válvulas para motores de explosión.	Resistencia a la corrosión, aceptable.
Templado y revenido	95	75	14			Válvulas para motores de explosión.	Resistencia a la corrosión, aceptable.
GRUPO F-330.— ACEROS REFRACTARIOS							
Recocido	60	25	45		160-190	Elementos de motores de reacción, elementos de hornos, cajas de cementar, emparrillados, industrias de cerámica y vidrio, etc.	Es soldable. Buena resistencia a la oxidación y corrosión.
Recocido	55	21	50		160	Para tubos, elementos de escape y elementos que trabajan en caliente, con gran resistencia a la corrosión intergranular.	Es soldable.

Productos metalúrgicos	SERIE F-500. – ACEROS PARA HERRAMIENTAS	TABLA 17_1 . 3

ESPECIFICACION		COMPOSICION QUIMICA										TRATAMIENTOS TERMICOS (Grados C)					
Tipo	Designación	%										Forja	Normalizado	Recocido		Temple	Revenido
		C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V							
GRUPO F-510.–ACEROS AL CARBONO																	
F-511	Acero al carbono 0,55 % C	0,55	0,45	0,20	≤ 0,03	≤ 0,03				Opc.		1100 a 900°		680 a 800°		825° agua	150 a 400° aire
F-512	Acero herramientas 0,65 % C	0,65	0,45	0,20	≤ 0,03	≤ 0,03				Opc.		1050 a 900°		680 a 800°		810° agua	150 a 400° aire
F-513	Acero herramientas 0,75 % C	0,75	0,45	0,20	≤ 0,03	≤ 0,03				Opc.		1050 a 875°		680 a 780°		800° agua	150 a 400° aire
F-514	Acero herramientas 0,85 % C	0,85	0,45	0,20	≤ 0,03	≤ 0,03				Opc.		1025 a 875°		680 a 780°		790° agua	150 a 400° aire
F-515	Acero herramientas 0,85 % C	0,95	0,45	0,20	≤ 0,03	≤ 0,03				Opc.		1000 a 850°		680 a 780°		780° agua	150 a 400° aire
F-516	Acero herramientas 1,10 % C	1,10	0,45	0,20	≤ 0,03	≤ 0,03				Opc.		1000 a 850°		680 a 780°		770° agua	150 a 400° aire
F-517	Acero herramientas 1,30 % C	1,30	0,45	0,20	≤ 0,03	≤ 0,03				Opc.		975 a 850°		680 a 780°		770° agua	150 a 400° aire
GRUPO F-520 / 530.–ACEROS ALEADOS																	
F-521	Acero indeformable 12 % Cr	1,80	0,30	0,25	≤ 0,03	≤ 0,03	12			Opc.		1100 a 900°		875°		975° aceite	150 a 450°
F-522	Acero indeformable al Mn	0,85	1,10	0,25	≤ 0,03	≤ 0,03	0,50			Opc.	W / 0,50	1050 a 850°		820°		800° aceite	150 a 250°
F-523	Acero indeformable bajo en Cr.	0,95	0,45	0,25	≤ 0,03	≤ 0,03	1,50			Opc.		1050 a 850°		820°		850° aceite	150 a 300°
F-524	Acero para buriles.	0,50	0,30	1,00	≤ 0,03	≤ 0,03	0,90				W / 2,00	1100 a 900°		820°		950° aceite	200 a 650°
F-525	Acero para buterolas	0,35	0,30	1,00	≤ 0,03	≤ 0,03	0,60				W / 2,00	1100 a 900°		820°		950° aceite	200 a 600°
F-526	Acero para trabajar en caliente, alto en W	0,35	0,30	0,25	≤ 0,03	≤ 0,03	2,75			0,35	W / 10,00	1100 a 925°		875°		1150 a 1200° aceite	500 a 650°
F-527	Acero para trabajar en caliente, bajo en W	0,35	0,30	1,00	≤ 0,03	≤ 0,03	1,50			Mo / 0,25	W / 4,00	1100 a 925°		825°		1050° aceite o agua	500 a 600°
F-528	Acero para matrices en caliente, al Cr-Ni-Mo	0,45	0,30	0,25	≤ 0,03	≤ 0,03	0,70	1,50		Mo / 0,45		1100 a 925°		680°		850° aceite	500 a 650°
F-529	Acero al Cr para estampas en caliente.	0,55	0,75	0,35	≤ 0,03	≤ 0,03	0,75					1100 a 900°		680°		820° aceite	550 a 600°
F-531	Acero para herramientas, gran dureza.	1,40	0,30	0,25	≤ 0,03	≤ 0,03	0,50			Opc.	W / 4,00	1050 a 850°		780 a 800°		800° agua	100 a 300°
F-532	Acero al W para brocas.	1,15	0,30	0,25	≤ 0,03	≤ 0,03					W / 1,00	1050 a 850°		800°		800° agua	150 a 250°
F-533	Acero al Cr para limas.	1,25	0,30	0,25	≤ 0,03	≤ 0,03	0,75					1050 a 900°		800°		800° agua	150 a 250°
F-534	Acero semirrápido.	0,70	0,30	0,25	≤ 0,03	≤ 0,03	4,00			0,50	W / 10,00	1100 a 900°		875°		1150 a 1175° aceite	475 a 525°
F-535	Acero inoxible.	0,35	0,40	0,25	≤ 0,03	≤ 0,03	13,00					1200 a 900°		875°		975° aceite o agua	150 a 725°
F-536	Acero indeformable. 5 % Cr	1,00	0,35	0,25	≤ 0,03	≤ 0,03	5,00			Mo / 1,00		1100 a 950°		900°		950 a 1000° aire	180 a 350°
F-537	Acero para trabajos en caliente 5 % Cr.	0,35	0,35	1,00	≤ 0,03	≤ 0,03	5,00		1,50	0,40	W / 1,50	1150 a 950°		875°		1000 a 1025° ac.-ag.	525 a 575°
GRUPO F-550.–ACEROS RAPIDOS																	
F-551	Acero rápido 14 % W	0,67	0,30	0,30	≤ 0,03	≤ 0,03	4,25			1,10	W / 14,00	1200 a 925°		875°		1200 a 1250° ac.-ag.	525 a 550°
F-552	Acero rápido 18 % W	0,72	0,30	0,30	≤ 0,03	≤ 0,03	4,25		Mo / Opc.	1,10	W / 18,00	1200 a 925°		875°		1250 a 1300° ac.-ag.	550 a 570°
F-553	Acero extrarrápido 5 % Co	0,72	0,30	0,30	≤ 0,03	≤ 0,03	4,25	Co / 5,00	0,90	1,10	W / 18,00	1200 a 975°		875°		1260 a 1320° ac.-ag.	550 a 570°
F-554	Acero extrarrápido 10 % Co	0,72	0,30	0,30	≤ 0,03	≤ 0,03	4,25	Co / 10,00	0,90	1,10	W / 18,00	1200 a 975°		875°		1260 a 1320° ac.-ag.	550 a 560°

Productos metalúrgicos	SERIE F-500.—ACEROS PARA HERRAMIENTAS						TABLA 17_2 . 3	
PROPIEDADES TECNOLOGICAS							EMPLEO	
Deformabilidad en trabajo térmico	Resistencia a la decarburación	Templabilidad	Dureza en caliente	Tenacidad	Resistencia al desgaste	Facilidad de mecanizado	Aplicaciones y Observaciones	
GRUPO F-510.-ACEROS AL CARBONO								
Baja	Muy buena	Baja	Baja	Muy buena	Baja	Excelente	Elementos de maquinaria agrícola, alicates, tenazas, martillos, desternilladores.	
Baja	Muy buena	Baja	Baja	Muy buena	Baja a regular	Excelente	Herramientas de minas, picas, palas, cinceles, cortafríos, martillos de forja, tijeras, hachas, etc.	
Baja	Muy buena	Baja	Baja	Muy buena	Regular	Excelente	Herramientas de carpintero, barrenas, brocas, cuchillas, navajas, agujas de coser y de inyectar, etc.	
Baja	Muy buena	Baja	Baja	Buena	Regular a buena	Excelente	Matrices para embutir, troqueles, cuchillas, etc.	
Baja	Muy buena	Baja	Baja	Regular a buena	Buena	Excelente	Brocas para hierros, aceros y metales, machos de roscar, troqueles, martillos para piedra, tipos de imprenta, punzones, escoplos, etc.	
Baja	Muy buena	Baja	Baja	Regular	Buena a muy buena	Excelente	Fresas, rasquetas, trépanos, buriles, brocas, terrajas, escariadores, galgas, inst. de cirugía, peines de roscar, navajas de afeitar, etc.	
Baja	Muy buena	Baja	Baja	Regular	Buena a muy buena	Excelente	Cuchillas de torno, hojas de afeitar, limas, pinzas, brocas, hileras, sierras, herramientas de cincelar, grabar, relojería, etc.	
GRUPO F-520/530.-ACEROS ALEADOS								
Excelente	Regular	Excelente	Buena	Baja a regular	Excelente	Baja	Matrices cortantes, escariadores, machos, cuchillas circulares, calibres, útiles para prensado de porcelana y grafito, cuchillas para cizallas, etc.	Baja conductibilidad térmica.
Muy buena	Muy buena	Buena	Baja a regular	Buena	Buena a muy buena	Muy buena	Terrajas, fresas, matrices cortantes, escariadores, poleas, ejes, ruedas dentadas, láminas para cizallas, etc.	
Buena	Muy buena	Regular a buena	Baja a regular	Buena	Buena	Muy buena	Útiles para matrizar, cuñas para monedas, estampas, matrices para cubiertos, brocas, hileras, escariadores, etc.	
Regular	Regular	Buena	Regular a buena	Excelente	Buena a muy buena	Buena	Matrices para acuñado, punzones para trabajos en caliente, buriles neumáticos, utillaje para corte de madera, etc.	
Regular	Regular	Buena	Regular a buena	Excelente	Buena	Buena	Buterolas, escoplos, martillos-cincel, punzones, cuchillas, útiles para máquinas neumáticas, etc.	
Buena	Buena	Muy buena	Muy buena	Buena	Buena a muy buena	Regular	Matrices y punzones para trabajo en caliente y para la fabricación en serie de tornillos, remaches, etc. moldes para fundición inyectada de plata	Las herramientas para trabajo en caliente se precalentarán a 300-500°.
Regular	Regular	Buena	Buena	Buena a muy buena	Buena	Buena	Las mismas que el F-526	Precalentamiento a 300-500° como el F-526, menos resistente en caliente.
Buena	Muy buena	Muy buena	Buena	Excelente	Regular a buena	Muy buena	Matrices para estampación seriada en caliente, de piezas de acero, metales no férreos y aleaciones ligeras.	Precalentamiento para trabajos en caliente (300 a 500°)
Regular	Muy buena	Regular	Regular	Muy buena	Regular	Muy buena	Matrices de forja y estampación en caliente, Cortafríos y mandriles.	Para matrices puede normalizarse a 820° y enfriarse al aire.
Baja a regular	Regular	Baja a regular	Baja a regular	Regular	Excelente	Regular	Anillos de estirar, matrices en frío para estirado de vainas, proyectiles, tubos, perfiles, etc.	
Baja a regular	Buena	Baja a regular	Baja a regular	Regular	Buena a muy buena	Buena	Útiles para roscar y cortar, machos de aterrajar, calibres, cuños, fresas, hojas de sierra para metales, etc.	
Baja e regular	Buena	Baja a regular	Baja a regular	Regular	Muy buena	Muy buena	Limas de alto rendimiento y para trabajos especiales, matrices para estirar.	
Muy buena	Buena	Muy buena	Muy buena	Regular	Muy buena	Regular	Cuchillas para fundiciones duras y aceros, etc. escoplos para grabar y herramientas de corte para metales, etc.	
Muy buena	Buena	Excelente	Buena	Buena	Regular	Buena	Toda clase de cuchillería, tijeras, instrumental de cirugía, pinzas, agujas, etc.	Análoga al acero inoxidable F-312.
Excelente	Buena	Excelente	Regular	Buena	Muy buena	Buena	Matrices de forma complicada para trabajo en frío, troqueles de corte, terrajas, cizallas, calibres, moldes para plásticos.	Ligeramente menos resistente al desgaste que el F-521 pero más tenaz.
Muy buena	Buena	Excelente	Buena a muy buena	Muy buena	Buena	Buena	Matrices para trabajar por golpe en estampación caliente, cuchillas para corte en caliente, moldes para fundición inyectada.	Excelente resistencia al golpe en caliente.
GRUPO F-550.-ACEROS RAPIDOS								
Muy buena	Buena	Excelente	Muy buena a excelente	Regular	Muy buena a excelente	Regular	Útiles de características no extremadas para corte de perfiles finos, como cuchillas, brocas, escariadores, machos, buriles para picado de limas, etc.	
Muy buena	Buena	Excelente	Excelente	Regular	Excelente	Regular	Útiles de corte para trabajos pesados de desbaste, fresas grandes, escariadores, machos, cuchillas para el picado de limas y para el trabajo de materiales difíciles.	
Muy buena	Regular	Excelente	Excelente	Regular	Excelente	Regular a baja	Útiles de gran rendimiento y duración con gran velocidad de corte, trabajos en acero de gran resistencia, buriles, fresas, machos de roscar, brocas, dientes postizos de sierras.	
Muy buena	Regular	Excelente	Excelente	Regular a baja	Excelente	Baja	Útiles de máximo rendimiento para materiales muy duros, con altas velocidades de corte y sección de viruta. Poco apto para herramientas finas y delicadas.	

Productos metalúrgicos	SERIE F-800. — FUNDICIONES DE HIERRO											TABLA 18_1 . 3					
ESPECIFICACION		COMPOSICION QUIMICA										PROPIEDADES TECNOLOGICAS					
Tipo	Designación	% Ct	Cg	Co	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	CE	Colabilidad	Maquinabilidad	Resistencia al desgaste	Resistencia a la corrosión	Capacidad de amortiguamiento	
GRUPO 810.-FUNDICIONES GRISES																	
F-811	Fundición gris 14 kg/mm²	3,50	2,90	0,60	2,25	0,50	0,40	0,10				Muy buena	Muy buena	Buena	Regular	Excelente	
F-812	Fundición gris 21 kg/mm²	3,25	2,65	0,70	2,20	0,50	0,20	0,10			4,05	Muy buena	Muy buena	Buena	Regular	Excelente	
F-813	Fundición gris 28 kg/mm²	3,10	2,25	0,85	1,80	0,70	0,20	0,10	≤ 0,1	≤ 0,2 Mo 0,08	3,70	Buena	Buena	Excelente	Regular	Buena	
F-814	Fundición gris 35 kg/mm²	2,90	2,00	0,90	2,00	0,70	0,10	0,10	≤ 0,1	≤ 0,2 Mo 0,08	3,65	Buena	Buena	Excelente	Regular	Buena	
F-815	Fundición gris 42 kg/mm²	2,85	2,00	0,85	2,20	0,70	0,10	0,10	≥ 0,7	≥ 1,50		Buena	Regular	Excelente	Regular	Buena	
GRUPO 830.-FUNDICIONES MALEABLES																	
F-831	Fundicion maleable de 28 kg/mm² (núcleo negro)	La composición química no se considera fundamental, pudiendo variar siempre que se obtengan las características mecánicas.										Buena	Excelente		Buena		
F-832	Fundición maleable de 31 kg/mm² (núcleo negro)	La misma consideración que para la F-831										Buena	Excelente		Buena		
F-833	Fundición maleable de 34 kg/mm² (núcleo negro)	La misma consideración que para la F-831										Buena	Excelente		Buena		
F-834	Fundición maleable de 34 kg/mm² (núcleo blanco)	La misma consideración que para la F-831										Buena	Excelente		Buena		
F-835	Fundición maleable de 38 kg/mm² (núcleo blanco)	La misma que para las anteriores										Buena	Excelente		Buena		
GRUPO 840.-FUNDICIONES MALEABLES PERLITICAS																	
F-841	Fundición maleable perlítica, de 42 kg/mm²	Para obtener las elevadas características de esta fundición, es normal el empleo de aleaciones tales como Mn, Ce y otros										Buena	Buena		Regular		
F-842	Fundición maleable perlítica, de 49 kg/mm²	Las mismas consideraciones que para F-841										Buena	Buena		Regular		
F-843	Fundición maleable perlítica, de 56 kg/mm²	Como las anteriores										Buena	Buena		Regular		
F-844	Fundición maleable perlítica, de 63 kg/mm²	Como las anteriores										Buena	Regular		Regular		
F-845	Fundición maleable perlítica, de 70 kg/mm²	Como las anteriores										Buena	Regular		Regular		
GRUPO 860.-FUNDICIONES NODULARES																	
F-861	Fundición nodular de 42 kg/mm²	La característica más importante de la fundición nodular es la presencia de grafito en forma esferoidal y que cumpla las características mecánicas pedidas										Buena	Buena		Regular		
F-862	Fundición nodular de 56 kg/mm²	Como la anterior										Buena	Buena		Regular		

Productos metalúrgicos	SERIE F-800.— FUNDICIONES DE HIERRO				TABLA 18_2 . 3
CARACTERISTICAS MECANICAS				**EMPLEO**	
R kg.mm²	E kg.mm²	A %	HB	Aplicaciones	Observaciones
GRUPO 810.– FUNDICIONES GRISES					
14			180	Utensilios sanitarios y de cocina, marcos, parrillas, tapas de registros, decoración, bases y cuerpos de maquinaria pesada, contrapesos, etc.	No es crítica la composición química. La soldadura no es recomendable, pudiendo utilizarse la fuerte.
21			175-215	Tambores de freno y discos de embrague, cárteres, bloques de cilindros, cuerpos de bombas de aceite, carcasas, herrajes, elementos de máquinas, etc.	Las mismas que para la F-811
28			210-250	Engranajes en general, arboles de levas, cigüeñales ligeros, discos de embrague, volantes pesados, carcasas de tractores, columnas yunques, etc.	Las mismas que para F-811. Fundición adecuada para una resistencia determinada.
35			235-265	Las mismas que la fundición gris de 28 kg/mm (F-813) para servicios más severos.	Las mismas que para la F-813
42			250-300	Tambores de freno especiales, arboles de levas, cigüeñales, bielas, bloques de cilindros, culatas, engranajes, bombas de alta presión, etc.	Las mismas indicadas para F-811
GRUPO 830.– FUNDICIONES MALEABLES					
28,5	17,5	8	< 149	Automovilismo, maquinaria agrícola, ferrocarriles marina, maquinaria general y piezas de poca responsabilidad.	La composición química no se considera fundamental. No debe soldarse por fusión, pudiendo utilizarse soldadura fuerte y blanda.
31,5	20	10	< 149	Las mismas que las de F-831, pero en piezas más cargadas.	Las mismas que para la F-831
34,5	20,5	14	< 149	Las mismas que para F-831 y F-832, pero de piezas más cargadas y de más responsabilidad.	Las mismas que para la F-831
34,5	20,5	4	< 248	Automovilismo maquinaria agrícola, ferrocarriles y maquinaria en general.	Las mismas que para la F-831
38	22	8	< 248	Las mismas que para la F-834, pero en piezas más cargadas y de más responsabilidad	Como en las anteriores.
GRUPO 840.– FUNDICIONES MALEABLES PERLITICAS					
42	30	10	183-207	Uso general en ferrocarril, motores, automovilismo, marina, maquinaria agrícola y general. Piezas con endurecimientos locales.	No debe soldarse por fusión. Pueden utilizarse soldaduras fuerte e blanda.
49	33,5	5	183-228	Las mismas que las de la F-841, pero en piezas más cargadas.	Como en F-841
56	37	4	197-241	Las mismas que las de la F-842, pero en piezas más cargadas.	Como en F-841
63	49	3	241-285	Las mismas que las de la F-843, pero para piezas más cargadas.	Como en F-841
79	56	2	241-285	Las mismas que las de la F-844, pero para piezas más cargadas.	Como en F-841
GRUPO 860.– FUNDICIONES NODULARES					
42	31	10		Cigüenales, bombas, compresores, válvulas, órganos de máquinas sometidos a elevadas temperaturas, automovilismo, ferrocarriles, marina, etc.	Puede soldarse por fusión y para obtener la máxima ductilidad se dará un recocido al material soldado.
56	42	3		Automovilismo, ferrocarriles, útiles agrícolas, maquinaria textil y electrica, marina, tuberias, etc.	Como para la F-861

Productos metalúrgicos	BRONCES Y LATONES	TABLA 19_1 . 3

DENOMINACION	Designación según DIN	CARACTERISTICAS MECANICAS									
		Estado	R kg/mm²	ρ kg/mm²	A %	HB	Estado	R kg/mm²	ρ kg/mm²	A %	HB
BRONCE AL ESTAÑO Y LATON ROJO											
Bronce al estaño	G-Sn-Bz-14	Moldeada	25	17	5	115					
	G-Sn-Bz-12	Moldeada	28	16	15	95	Centrifugada	32	17	15	105
	G-Sn-Bz-10	Moldeada	28	15	20	75					
Fundición de latón rojo	Rg 10	Moldeada	28	14	15	80					
	Gz-Rg 10						Centrifugada	30	17	10	80
	Rg 7	Moldeada	26	12	18	75					
	Gz-Rg 7						Centrifugada	30	14	20	85
	Rg 5	Moldeada	24	10	18	70					
	Gz-Rg 5						Centrifugada	30	12	25	75
LATON DE FUNDICION Y LATON ESPECIAL											
Latón de fundición	G-Ms 65	Moldeada	20	8	20	60					
	GK-Ms 60	Coquilla	38	10	35	100					
	GD-Ms 60						Inyectada	35	16	4	100
Latón especial de fundición	G-So Ms F30	Moldeada	35	15	25	85					
	G-So Ms F45	Moldeada	55	20	25	130					
	G-So Ms F60	Moldeada	65	30	20	160					
	G-So Ms F75	Moldeada	80	60	10	220					
BRONCES AL ALUMINIO											
Bronce al aluminio	G-Al Bz 8	Moldeada	45	18	25	110					
Bronce al aluminio y hierro	G-Fe Al Bz F50	Moldeada	55	22	20	135					
Bronces al aluminio y niquel	G-Ni Al Bz F50	Moldeada	60	25	25	150					
	G-Ni Al Bz F60	Moldeada	65	33	18	170					
	G-Ni Al Bz F70						Centrifugada	75	38	16	180
	G-Ni Al Bz F80	Moldeada	75	40	8	180					
Bronce al aluminio y manganeso	G-Mn Al Bz F42	Moldeada	52	24	26	120					
BRONCE AL PLOMO Y BRONCE AL PLOMO Y ESTAÑO											
Bronce al plomo	G-Pb Bz 25						Combinada	—	—	—	30
Bronce al plomo y estaño	G-Sn Pb Bz 5	Moldeada	24	14	18	85					
	G-Sn Pb Bz 10	Moldeada	23	12	14	75					
	G-Sn Pb Bz 15	Moldeada	22	11	12	70					
	G-Sn Pb Bz 20	Moldeada	20	10	10	55					

Productos metalúrgicos	**BRONCES Y LATONES**	TABLA 19_2 . 3

COMPOSICION QUIMICA % (peso)								PROPIEDADES Y EMPLEO
Cu	Sn	Zn	Pb	Al	Fe	Mn	Ni	
BRONCE AL ESTAÑO Y LATON ROJO (Concuerda con DIN 1705)								
85 a 87	13 a 15							Material duro, resistente al agua de mar Semicojinetes de fricción, placas y barras de deslizamiento de alta solicitación.
87 a 89	11 a 13							Material duro y tenaz, resistente al desgaste, resistente al agua de mar. Cojinetes de fricción, de cigüenales y de palancas; tuercas de husillo, anillos y discos de fricción, en general, piezas sometidas a grandes esfuerzos.
89 a 91	9 a 11							Tenaz y resistente a la corrosión, con gran alargamiento; resistente al agua de mar. Válvulas y cajas de bomba altamente solicitadas, rodetes y ruedas de paletas para bombas y turbinas de agua.
85,6 a 89	85 a 11	1 a 3						Material duro y resistente al agua de mar. Semicojinetes de fricción, guarniciones de ejes de buques, placas de deslizamiento muy solicitadas, piezas de acoplamiento y de deslizamiento.
83 a 85	6 a 8	3 a 5	5 a 7					Material semiduro, resistente al desgaste; resistente al agua de mar. Semicojinetes de fricción, cojinetes de normal y alta solicitación, barras de ajuste de media y alta solicitación, anillos y discos de fricción.
84 a 86	4 a 6	4 a 6	4 a 6					Material semiduro, soldable, resistente al agua. Colectores normales, anillos de asiento de válvulas, cojinetes de fricción de solicitación moderada.
LATON DE FUNDICION Y LATON ESPECIAL (Concuerda con DIN 1709)								
63 a 67		Resto	1 a 3					Cajas y válvulas para gas y agua, piezas de guarnición, piezas de construcción y para la industria eléctrica con buena conductividad eléctrica.
58 a 64		Resto		1,0				Piezas de fundición en coquilla o inyectada con superficie metalicamente brillante, como válvulas, piezas para la industria química, piezas de guarnición.
55 a 64	1,0	Resto			1,2	2,5		Caracteristicas de fusibilidad y soldabilidad (fuerte y blanda). Piezas herméticas a elevada presión de gas y agua, como válvulas de alta presión, cajas.
55 a 68		Resto		2,5	2,0	3,0	2,0	Material duro y tenaz (denominado bronce al acero) de alta resistencia y alargamiento, resistente al agua de mar. Tuercas de presión, prensaestopas, hélices de barco.
55 a 68		Resto		5,0	2,5	4,0	2,0	Alta resistencia estática y dureza (bronce al acero), para piezas de válvulas y de distribución, asientos de conos, pero menos adecuada para cargas dinámicas y oscilaciones.
55 a 68		Resto		7,5	4,0	5,0	2,0	Material para cargas fuertes y alta solicitación, como cojinetes para velocidad reducida, husillos y válvulas para alta presión. Menos adecuada para cargas dinámicas y oscilaciones.
BRONCES AL ALUMINIO (Concuerda con DIN 1714)								
88 a 92				8 a 10,5				Resistente al agua de mar y a la corrosión. Piezas para la industria química y de la alimentación, válvulas, etc.
83 a 89,5				8,5 a 11	2,0 a 4,0			Resistente al agua de mar y a la corrosión. Piezas para construcción naval, industria química y alimenticia, como válvulas resistentes al ácido.
78 a 82				7,8 a 9,8	4,0 a 6,0		4,0 a 6,5	Alta resistencia a la cavitación y erosión; resistente al agua de mar y ácido. Piezas para industria química, de productos alimenticios y del aceite, mineria y construcción naval. Ruedas dentadas (rectas, helicoidales y sinfín), válvulas para vapor recalentado, crucetas, hélices de barcos.
77 a 81				8,8 a 10,8	4,0 a 6,0		4,0 a 6,5	
73 a 80				9,0 a 12	5,0 a 7,0		4,5 a 7,0	Las mismas propiedades que las anteriores. Ruedas helicoidales sometidas a máximas presiones, cojinetes de fricción con fuertes choques, piezas para válvulas de máxima presión hidraulica.
82 a 85				7,0 a 9,0		5,0 a 6,5	1,0 a 2,0	Propiedades similares a los anteriores. Especialmente adecuada para construcción naval, industria química y del aceite, hélices de buques, paletas de turbinas, válvulas, etc.
BRONCE AL PLOMO Y BRONCE AL PLOMO Y ESTAÑO (Concuerda con DIN 1716)								
69 a 77			22 a 28					Fundición combinada para cojinetes de motores de combustión interna.
84 a 87	9,0 a 11		4,0 a 6,0					Material tenaz con buenas propiedades de deslizamiento y resistencia al desgaste, resistente a la corrosión por ácidos (sulfúrico, clorhídrico diluido, grasas). Cojinetes con presión superficial, cojinetes para trenes de laminación, válvulas resistentes al ácido.
78 a 82	9,0 a 11		8,0 a 11					Propiedades de deslizamiento y resistencia al desgaste; resistente a la corrosión. Aplicaciones como el anterior.
75 a 79	7,0 a 9,0		13 a 17					Propiedades de deslizamiento particularmente buenas; resistente al ácido sulfúrico. Cojinetes para altas presiones, tubos de refrigeración, válvulas y piezas resistentes al ácido.
69 a 77	3,5 a 5,5		18 a 23					Optimas propiedades deslizamiento; resistente al ácido sálfúrico. Cojinetes de fricción de alta solicitación, para máquinas de molienda, bombas de agua, cojinetes de motores de combustión.

Productos metalúrgicos	ALEACIONES LIGERAS DE ALUMINIO	TABLA 20_1 . 3

Denominación comercial de Aluminio de Galicia. S. A. y Normas ISO	COMPOSICION QUIMICA						PROPIEDADES FISICAS					ESTADOS NORMALES DE SUMINISTRO	ADTITUDES TEGNOLOGICAS E-Excelente; MB-Muy Buena; A-Aceptable B-Buena; NR-No recomendable							
													RESISTENCIA A LA CORROSION						ANODIZADO	
	Cu	Mg	Si	Mn	Zn	Pb	Peso específico en kgs. dm^3	Coeficiente de dilatación lineal entre (20-100° C)	Conductividad térmica 25° C cal. cm/cm² s. ° C	Resist. eléct. específica u. Ω x cm²/cm.	Módulo elástico kgs./mm.²		Marina	Industrial	Rural	Maleabilidad	Soldadura	Maquinabilidad	Protec.	Decor.
A-7	—	—	—	—	—	—	2,70	23.10^{-6}	—	—	—	Extruido	E	E	E	E	MB	NR	E	MB
Al 99,7							2,70	23.10^{-6}	—	—	—	Recocido	E	E	E	MB	MB	NR	E	MB
							2,70	23.10^{-6}	—	—	—	1/2 Duro	E	E	E	B	B	NR	E	MB
A-5	—	—	—	—	—	—	2,71	23.10^{-6}	—	—	—	Extruido	B	MB	MB	MB	MB	NR	MB	B
Al 99,5							2,71	23.10^{-6}	0,53	2,81	7.000	Recocido	B	MB	MB	B	MB	NR	MB	B
							2,71	23.10^{-6}	—	—	—	1/2 Duro	B	MB	MB	A	B	NR	MB	B
AG3M	—	3	—	0,40	—	—	2,67	24.10^{-6}	—	—	—	Extruido	MB	MB	MB	MB	MB	B	MB	B
Al-Mg 3 Mn							2,67	24.10^{-6}	0,33	5,3	7.000	Recocido	MB	MB	MB	MB	MB	B	MB	B
							2,67	24.10^{-6}	—	—	—	1/2 Duro	MB	MB	MB	A	MB	B	MB	B
							2,67	24.10^{-6}	—	—	—	Duro	MB	MB	MB	NR	B	MB	B	B
AG4M	—	4,2	—	0,50	—	—	2,66	24.10^{-6}	—	—	—	Extruido	MB	MB	MB	B	MB	B	MB	B
Al-Mg 4,5Mn							2,66	24.10^{-6}	—	—	—	1/4 Duro	MB	MB	MB	A	B	B	MB	B
AG5M Al-Mg 5	—	5	—	0,50	—	—	2,64	24.10^{-6}	—	—	—	Extruido	MB	MB	MB	B	B	B	MB	A
AGSR	—	0,5	0,4	—	—	—	2,7	23.10^{-6}	—	—	—	Templado en prensa	B	MB	MB	E	B	NR	E	E
—							2,7	23.10^{-6}	0,42	3,25	6.000	Templado en prensa y maduro	B	MB	MB	E	B	A	E	E
AGSN Al-Mg-Si	—	0,7	0,5	—	—	—	2,7	23.10^{-6}	0,42	3,25	6.700	Templado en prensa y maduro	B	MB	MB	E	B	A	E	E
ASG 0,5	—	0,5	0,8	—	—	—	2,7	$23,1.10^{-6}$	0,46	3,10	6.800	Recocido	B	MB	MB	MB	B	A	MB	B
—							2,7	$23,1.10^{-6}$	—	—	—	Temple y maduro N	B	MB	MB	B	A	A	MB	B
							2,7	$23,1.10^{-6}$	0,42	3,75		Temple y maduro A	B	MB	MB	A	A	B	MB	B
ASGM	—	0,6	1	0,6	—	—	2,69	$23,2.10^{-6}$	0,5	3,14	7.000	Recocido	A	B	B	MB	B	A	MB	A
Al-Si 1 Mg							2,68	$23,2.10^{-6}$	—	—	—	Temple y maduro N	B	MB	MB	B	A	B	MB	B
							2,69	$23,2.10^{-6}$	0,41	3,85		Temple y maduro A	B	MB	MB	A	A	MB	MB	B
AU4G	4,2	0,8	0,6	0,7	—	—	2,80	22.10^{-6}	0,43	3,50	7.200	Recocido	NR	A	A	B	B	A	B	A
Al-Cu4 MgSi							2,80	22.10^{-6}	0,28	5,10	—	Templado y maduro N	NR	B	B	NR	NR	MB	B	B
AU4SG	4,3	0,5	0,8	0,6	—	—	2,80	22.10^{-6}	—	4,8	7.300	Recocido	NR	A	A	B	B	A	B	A
Al-Cu 4 SiMg							2,80	22.10^{-6}	0,36	—	—	Templado y maduro N	NR	B	B	NR	NR	B	B	A
							2,80	22.10^{-6}	—	—	—	Templado y maduro N	NR	B	MB	NR	NR	MB	B	A
AU4G1	4,4	1,5	—	0,6	—	—	2,77	22.10^{-6}	0,45	3,30	7.300	Recocido	NR	A	A	B	B	A	B	A
Al-Cu 4 Mg 1							2,77	22.10^{-6}	0,28	5,40	—	Templado y maduro N	NR	B	B	NR	NR	MB	B	A
AZ5GU	1,4	2,75	—	0,15	5,9	Cr 0,20	2,80	$25,9.10^{-6}$	0,39	4,30	7.200	Recocido	A	B	B	B	A	MB	B	A
—							2,80	$25,9.10^{-6}$	0,29	5,70	—	Templado y maduro A	A	B	B	NR	A	MB	B	A
AU4Pb —	3,9	0,95	—	0,5	—	1,15	2,82	$22,5.10^{-6}$	0,35	5,50	7.300	Templado y maduro N	—	—	—	B	A	MB	B	A
AU5Pb	5,5	—	—	—	Bi 0,5	0,5	2,82	$22,9.10^{-6}$	0,37	4,31	7.200	Templado y estirado F	—	—	—	B	A	MB	B	A
—							2,82	$22,9.10^{-6}$	—	—	—	estirado F y maduro A	—	—	—	B	A	E	B	A

Aleaciones de aluminio fabricadas por Aluminios de Galicia S. A.

Productos metalúrgicos	ALEACIONES LIGERAS DE ALUMINIO	TABLA 20_2 . 3

NOMENCLATURA	CARACTERISCAS MECANICAS									PRINCIPALES APLICACIONES
	BARRAS			TUBOS			PERFILES			
	Resistencia a la tracción kgs. mm²	Límite elástico 0,2% (nominal) kgs. mm²	Alargamiento %	Resistencia a la tracción kg. mm²	Límite elástico 0,2% (nominal) kgs mm²	Alargamiento %	Resistencia a la tracción kgs mm²	Límite elástico 0,2% (nominal) kgs mm²	Alargamiento %	
F	≥ 6	—	≥ 22	≥ 5		≥ 22	—	—	—	Ornamentación, menage de cocina, material electrodoméstico, embellecedores. Barras de conexión eléctrica, carrocerías en general, aplicaciones en que sea necesaria una excelente deformación en frío resistente a la corrosión y soldadura.
H	—	—	—	≥ 6	—	≥ 35	—	—	—	
H-14	≥ 10	≥ 7	≥ 6	—	—		—	—	—	
F	≥ 7	—	≥ 20	≥ 7	—	≥ 20	≥ 7	—	≥ 20	
O	—	—	—	≤ 10	≤ 4,5	—	—	—	—	
H-14	≥ 11	≥ 7,5	≥ 5	≥ 11	≥ 9	—	—	—	—	
F	≥ 20	≥ 8	≥ 12	≥ 20	≥ 8	≥ 12	≥ 20	≥ 8	≥ 12	Decoración, productos de empleo corriente que no exijan características mecánicas elevadas.
O	≥ 20	≥ 8	≥ 18	≥ 20	≥ 8	≥ 17	—	—	—	
H-14	≥ 24	≥ 20	≥ 4	—	—	—	—	—	—	
H-18	—	—	—	≥ 27	≥ 24	≥ 2	—	—	—	
F	≥ 25	≥ 10	≥ 12	—	—	—	≥ 25	≥ 10	≥ 12	Automovil. Ferrocarril. Marina. Construcción. y electricidad (perfiles). Cisternas de transportes.
H-12	≥ 27	≥ 19	≥ 4	—	—	—	—	—	—	
F	≥ 27	≥ 12	≥ 10	—	—	—	≥ 27	≥ 12	≥ 10	Industria química y alimentación. Material electrodoméstico. Textil.
T-1	≥ 12	≥ 6,5	≥ 12	≥ 12	≥ 55	≥ 12	≥ 12	≥ 6,5	≥ 12	Arquitectura. Ventanales. Puertas. Industria del mueble. Camas metálicas, sillas de terrazas, campo y playa, mesas portátiles.
T-5	≥ 16	≥ 13	≥ 8	≥ 16	≥ 13	≥ 8	≥ 16	≥ 13	≥ 8	
T-5	≥ 22	≥ 20	≥ 8	≥ 22	≥ 20	≥ 8	≥ 22	≥ 20	≥ 8	Industrias varias. Tubos de riego por aspersión, antenas para televisión, tornillería, clavos, escarpias, etc.
O	≥ 15	≥ 11	≥ 20	—	—	—	≥ 15	≥ 11	≥ 20	Marina (perfiles) y accesorios de yates y snipes. Transportes: perfiles de carrocería.
T-4	≥ 20	≥ 18	≥ 20	—	—	—	≥ 20	≥ 18	≥ 20	
T-6	≥ 26	≥ 23	≥ 8	—	—	—	≥ 26	≥ 23	≥ 8	
O	—	—	—	≤ 15	≤ 10	—	—	—	—	Industrias varias: perfiles y tubos de escaleras, cestas de tiendas y supermercados. Rampas de acceso en construcción, etc.
T-4	—	—	—	≥ 21	≥ 12	≥ 18	—	—	—	
T-6	≥ 28	≥ 24	≥ 8	≥ 28	≥ 25	≥ 10	≥ 29	≥ 24	≥ 8	
O	≤ 24	≤ 15	—	—	—	—	≤ 24	≤ 15	—	Aviación. Automovil. Estructuras metálicas. Grifería. Tornillería. Ortopedia. Rodamientos de agujas en motos de competición.
T-4	≥ 39	≥ 25,5	≥ 10	≥ 39	≥ 24	≥ 10	≥ 39	≥ 28	≥ 12	
O	≤ 24	≤ 15	—	—	—	—	≤ 24	≤ 15	—	Aviación. Armamento. Material adecuado para piezas forjadas.
T-4	≥ 38	≥ 25,5	≥ 10	—	—	—	≥ 36	≥ 24	≥ 10	
T-6	≥ 44	≥ 39	≥ 6	—	—	—	≥ 44	≥ 39	≥ 5	
O	≤ 24	≤ 15	—	—	—	—	≤ 24	≤ 15		Aviación. Tornillería. Material de minas, etc.
T-4	≥ 45	≥ 30	≥ 11	—	—	—	≥ 45	≥ 31	≥ 10	
O	≤ 28	≤ 17	—	—	—	—	—	—	—	Aviación. Armamento. Accesorios ortopedicos. Tornillería. Catalinas y piñones de bicicletas.
T-6	≥ 54	≥ 46	≥ 6	≥ 54	≥ 46	≥ 6	≥ 54	≥ 48	≥ 6	
T-4	≥ 39	≥ 23,5	≥ 8	—	—	—	≥ 38	≥ 23,5	≥ 9	Especialmente indicado para mecanizado en máquinas automáticas. Automoción.
T-3	≥ 28	≥ 24	≥ 12	—	—	—	—	—	—	Armamento. Optica. Tornillería. Relojería. Material de deporte.
T-8	≥ 38	≥ 28	≥ 10	—	—	—	—	—	—	

Aleaciones de aluminio fabricadas por Aluminios de Galicia S. A.

Productos de acero laminado	CARACTERISTICAS MECANICAS Y COMPOSICION QUIMICA DE LOS ACEROS	TABLA 21 · 3

CARACTERISTICAS MECANICAS

Clase de acero	*LIMITE ELASTICO σ_e*			*Resistencia a tracción σ_e (2)*	*ALARGAMIENTO DE ROTURA δ*				*Doblado satisfactorio en espesor e, sobre mandril de diámetro*		*RESILENCIA*	
					En probeta longitudinal		*En probeta transversal*					
	Espesor ≤ 16 mm. mín. kg/mm^2	*Espesor > 16 mm. ≤ 40 mm. mín. kg/mm^2*	*Espesor > 40 mm. ≤ 63 mm. mín. kg/mm^2*	*mín.-máx. kg/mm^2*	*Espesor ≤ 40 mm. mín. %*	*Espesor > 40 mm. ≤ 63 mm. mín. %*	*Espesor ≤ 40 mm. mín. %*	*Espesor > 40 mm. ≤ 63 mm. mín. %*	*Probeta longitudinal*	*Probeta transversal*	*Energía absorbida ρ mín. kpm*	*Temperatura de ensayo °C*
A 42 b	26	25	24	42 - 53	24	23	22	21	2e	2,5 e	2,8	+ 20°
A 42 c	26	25	24	42 - 50	24	23	22	21	2e	2,5 e	2,8	0°
A 42 d	26	25	24	42 - 50	24	23	22	21	2e	2,5 e	2,8	- 20°
A 52 b	36	35 [1]	34 [1]	52 - 62	22 [1]	21 [1]	20	19	2,5 e	3 e	2,8	+ 20°
A 52 c	36	35	34	52 - 62	22	21	20	19	2,5 e	3 e	2,8	0°
A 52 d	36	35	34	52 - 62	22	21	20	19	2,5 e	3 e	2,8	- 20°

(1) En los aceros de tipo A52 el espesor límite de 40 mm. se sustituye por 36 mm.

(2) Salvo acuerdo en contrario, no será objeto de rechazo si en la resistencia a tracción se obtienen 2 k p/mm^2 de menos. Tampoco si en los aceros de grados c y d se obtienen 2 k p/mm^2 de más.

CARACTERISTICAS QUIMICAS

Clase de acero	*Estado de desoxidación (1)*	*SOBRE COLADA*							*SOBRE PRODUCTO*						
		C				*P*	*S*	*N_2 (3)*	*C*				*P*	*S*	*N_2 (4)*
		Para espesor ≤10 mm máx. %	*Para espesor >10 mm ≤16 mm máx. %*	*Para espesor >16 mm ≤40 mm máx. %*	*Para espesor >40 mm máx. %*	*máx. %*	*máx. %*	*máx. %*	*Espesor ≤10 mm máx. %*	*Espesor >10 mm ≤16 mm máx. %*	*Espesor >16 mm ≤40 mm máx. %*	*Espesor >40 mm máx. %*	*máx. %*	*máx. %*	*máx. %*
A 42 b	NE	0,22	0,22	0,24	0,24	0,050	0,050	0,009	0,25	0,25	0,27	0,27	0,060	0,060	0,010
A 42 c	NE	0,20	0,22	0,22	0,22	0,045	0,045	0,009	0,23	0,23	0,25	0,25	0,055	0,055	0,010
A 42 d	K	0,20	0,20	0,22	0,22	0,040	0,040	–	0,23	0,23	0,25	0,25	0,050	0,050	–
A 52 b [5]	NE	0,22	0,24	0,24	0,24	0,050	0,050	0,009	0,25	0,27	0,27	0,27	0,060	0,060	0,010
A 52 c [5]	NE	0,20	0,20	0,22	0,22	0,045	0,045	0,009	0,22	0,22	0,24	0,24	0,055	0,055	0,010
A 52 d [5]	K	0,20	0,20	0,20 [2]	0,22	0,040	0,040	–	0,22	0,22	0,22 [2]	0,24	0,050	0,050	–

(1) NE. No efervescente, sin elementos fijadores de N_2. K Calmado, para conseguir grano fino, mediante elementos fijadores de N_2 (por ejemplo: Al ≥ 0,020%)

(2) Hasta espesor ≤ 30 mm. Para espesor > 30 mm: 0,22% sobre colada; 0,24 % sobre producto.

(3) Puede admitirse máximo de N_2: 0,010, 0,011, 0,012. En aceros fabricados al horno eléctrico el límite es 0,012 % si el máximo de P se reduce en: 0,005, 0,010, 0,015.

(4) Puede admitirse máximo de N_2: 0,011, 0,012. En aceros fabricados al horno eléctrico el límite es 0,015 %

(5) En los aceros de tipo A 52 se exige además: Si máximo 0,55 % ; Mn máximo 1,60 %

NOTA.– Además de los aceros A 42 y A 52 y no considerados en la Norma MV 102, para laminación de chapas y perfiles para estructuras, son de fabricación nacional especial el acero resistente a la corrosión, de características similares al A 52 (igual resistencia a la tracción y el mismo límite elástico, con algo menor alargamiento y mayor resistencia) y los aceros tipo EXTEN 50, que con resistencia a la tracción de 45 kg/mm^2 frente a los 52 kg/mm^2 del acero A 52 tiene prácticamente iguales a éste el resto de las características mecánicas.

SECCIÓN CUARTA

MOVIMIENTO Y FUERZAS

Nota. — Tabla de fuerzas centrífugas y centrípetas, en la pág. 550.

MOVIMIENTO Y FUERZA

Ley fundamental de la dinámica

Un cuerpo de peso G, en su caida libre, por la acción de la gravedad está sometido a una fuerza F cuyo valor es igual a la masa m del cuerpo por la aceleración g de la gravedad

$$F = \frac{G}{g} \cdot m, \text{ kg f.},$$

así, un cuerpo en movimiento uniformemente acelerado puede realizar una fuerza igual al producto de su masa por la aceleración a que está sometido

$$\text{Fuerza} = \text{masa} \times \text{aceleración}; \; F = ma$$

Fuerza dinámica o fuerza viva

Un cuerpo en movimiento tiene capacidad para efectuar un trabajo; esta capacidad es la energía cinética o fuerza viva del cuerpo, de valor:

$$F_c = \frac{mv^2}{2}, \text{ kg f.}$$

Si el movimiento es curvilíneo, el valor de la fuerza viva es:

$$F_c = \frac{I\,\omega^2}{2}, \text{kg f}$$

se tiene:

$$m = \frac{2\,F_c}{v^2}\;;\; v = \sqrt{\frac{2\,F_c}{m}}\;;\; I = \frac{2\,F_c}{\omega^2}\;;\; \omega = \sqrt{\frac{2\,F_c}{I}}$$

siendo:

- F_c La fuerza viva (kg f).
- m La masa
- g La aceleración de la gravedad (m/s²)
- v La velcoidad del cuerpo (m)
- I El momento de inercia (cm²)
- ω La velocidad angular en radianes.

Ejemplo. – Un automotor ha de circular por una vía horizontal; su peso es de 50.000 kg y las fuerzas pasivas del movimiento representan μ = 0,005.

Interesa conocer cuáles serán la aceleración y la fuerza de tracción para alcanzar la velocidad de régimen, de 100 km, en 90 segundos; cuál será la fuerza de tracción para mantener la velocidad de régimen; cuál será la fuerza de frenado para que se pare después de recorrer 830 m, y cuál sería el espacio que recorrería si alcanzada la velocidad de régimen cesara la fuerza de tracción.

$$v_r = \frac{s}{t} = \frac{100 \times 1000}{60 \times 60} = 27{,}778 \text{ m/s velocidad de régimen}$$

$$a = \frac{v}{t} = \frac{27{,}778}{90} = 0{,}3086 \text{ m/s aceleración para alcanzar la vel. de régimen.}$$

$$F_a = ma + F_p = \frac{50.000}{9{,}81} \times 0{,}3086 + 50.000 \times 0{,}005 = 1573 + 250 = 1823 \text{ kgf.}$$

$$s_a = \frac{vt}{2} = \frac{27{,}778 \times 90}{2} = 1250 \text{ m espacio recorrido hasta alcanzar la vel. de régimen.}$$

$$P_a = \frac{Fa\,v}{2} = \frac{1823 \times 27{,}778}{2} = 25320 \text{ kgm} = 337{,}6 \text{ CV potencia desarrollada para } v_r.$$

$$P_r = F_r v = 250 \times 27{,}778 = 6945 \text{ kgm} = 92{,}6 \text{ CV potencia de régimen, para } v_r.$$

$$F_c = \frac{mv^2}{2} = \frac{50000}{9{,}81} \times \frac{27{,}778^2}{2} = 1966405 \text{ kgf, fuerza viva (energía).}$$

$$F_f = \frac{1966405}{830} - 50000 \times 0{,}005 = 2369 - 250 = 2119 \text{ kg f fuerza de frenado.}$$

$$s_p = \frac{1966405}{250} = 7866 \text{ m espacio recorrido al cesar la potencia de régimen.}$$

$$t_p = \frac{2\,sp}{v} = \frac{2 \times 7866}{27{,}718} = 566{,}3 \text{ s} = 9{,}44 \text{ min tiempo para parar al cesar } P_r.$$

Nota. – La fuerza viva, 1966405 kgf, representaría la de impacto en un choque frontal, a v_r.

FUERZAS CENTRÍFUGA Y CENTRÍPETA

Manifestación de las fuerzas centrífuga y centrípeta

La fuerza centrífuga, F_e, es una fuerza de inercia que se manifiesta cuando un cuerpo en movimiento describe una trayectoria curvilínea; esta fuerza es igual y contraria a la fuerza centrípeta, siendo ésta la que es preciso aplicar (o anular) para que, el cuerpo venciendo la inercia, describa la trayectoria curva. La dirección de estas fuerzas es radial, dirigida hacia afuera la centrífuga y hacia el centro la centrípeta; al cesar la acción de estas fuerzas, el cuerpo se moverá según una trayectoria tangente a la curva.

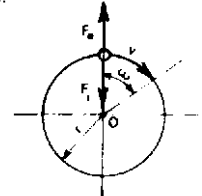
El valor de estas fuerzas es:

$$F_e = F_i = F_c = \frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r \; ;$$

siendo $m = \dfrac{G}{g}$,

$$F_c = \frac{Gv^2}{gr} = \frac{G}{9{,}81\ r} \cdot \left(\frac{2\pi rn}{60}\right)^2 = 0{,}001117862 \cdot Grn^2 \; ;$$

haciendo $0{,}001117862 \cdot n^2 = k$, $F_c = kGr$ (valores de k en la Tabla 9.14) siendo:



- F_c La fuerza centrífuga o centrípeta
- m La masa del cuerpo
- G El peso del cuerpo, en kg.
- v La velocidad del cuerpo, en m/s.
- ω La velocidad angular en radianes
- r El radio de la trayectoria
- n El número de revoluciones, por minuto.

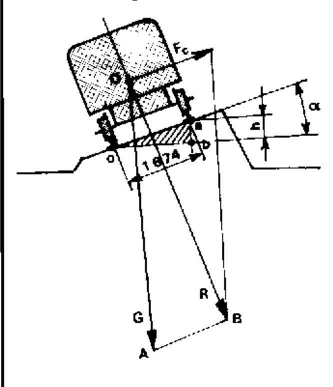
Ejemplo 1.°. –Una esfera de 1,5 kg de peso, gira alrededor de un eje vertical, al que está unida por medio de un cable, a razón de 75 r.p.m. ¿Cuál será la tensión en el cable?

$$F_c = \frac{1{,}5}{9{,}81 \times 3{,}0} \times \left(\frac{2 \times \pi \times 3{,}0 \times 75}{60}\right)^2 = 0{,}0509684 \times 555{,}1652 = 28{,}3 \text{ kg.}$$

También, $F_c = 0{,}001117862 \times 1{,}5 \times 3{,}0 \times 75^2 = 28{,}3$ kg.

Finalmente, $F_c = 6{,}2880 \times 1{,}5 \times 3{,}0 = 28{,}3$ kg.

2.° – Un automotor circula a 27,778 m/s (100 km/h) por una vía curva de 500 m de radio. Calcúlese el valor de la fuerza centrífuga, y el peralte de la vía para que la resultante del peso del automotor y de la fuerza centrífuga sea perpendicular al plano de la vía. Ancho de la vía, 1,674 m (ferrocarriles españoles), peso del automotor, G = 50.000 kg.



Para G = 1 kg,

$$F_c = \frac{1}{9{,}81} \times \frac{27{,}778^2}{500} = 0{,}1573 \text{ kg}$$

(Triángulos OAB y oab, semejantes)

$$h = \frac{0{,}1573}{1} \times 1{,}674 = 0{,}263 \text{ m.}$$

$$\left(\text{sen } \alpha = \frac{0{,}1573}{1{,}674} = 0{,}09397; \ \alpha = 5{,}392°\right)$$

Nota. – Se ha considerado que la fuerza centrífuga es paralela al plano de la vía.

$F_c = 0{,}1573 \times 50.000 = 7865$ kg (fuerza centrífuga).

MOVIMIENTO.—VELOCIDAD LINEAL Y ANGULAR

El movimiento.—Sus clases

Un móvil al trasladarse de un lugar a otro, se considera que puede hacer el recorrido con:

a) Movimiento uniforme, recorriendo en tiempos iguales espacios iguales.

b) Movimiento variado, cuando recorre en tiempos iguales espacios desiguales.

c) Movimiento acelerado, cuando en tiempos iguales los espacios recorridos son cada vez mayores; es uniformemente acelerado cuando el aumento en el recorrido es constante.

d) Movimiento retardado, cuando en tiempos iguales los espacios recorridos son cada vez menores; es uniformemente retardado cuando el retraso en el recorrido es constante.

El movimiento será rectilíneo cuando el móvil se traslada siguiendo una línea recta, y curvilíneo cuando se traslada siguiendo una linea curva.

Movimiento uniforme

Movimiento rectilíneo, siendo:

v La velocidad del móvil. La unidad de velocidad, es el metro por segundo, 1 m/s.
t El tiempo empleado en el recorrido.
e El espacio recorrido.

se tiene:

$$e = vt; \qquad v = \frac{e}{t}; \qquad t = \frac{e}{v}$$

Ejemplo.—Un coche que se mueve a una velocidad uniforme de 125 km/h, ¿que espacio recorrerá en 48 minutos?

$$e = 125 \times \frac{48}{60} = 100 \text{ km.}$$

En el movimiento variado se puede considerar la velocidad media de un recorrido.

Ejemplo.—Un coche, en carretera de llano y montaña, ha tardado 4 horas y 24 minutos en hacer un recorrido de 396 km. ¿Cuál ha sido su velocidad media?

$$v_m = 396 : 4\frac{24}{60} = 90{,}0 \text{ km/h.}$$

Movimiento circular, siendo:

ω La velocidad angular. La unidad de velocidad angular es el radián por segundo, 1 rad/s.
Θ El espacio angular recorrido en radianes en un tiempo t.
t El tiempo invertido en un recorrido.

También se considera:

v La velocidad periférica de la rueda o móvil, por segundo.
r y d El radio y diámetro de la rueda.
e El espacio recorrido por los puntos periféricos de la rueda, en el tiempo t.
n El número de revoluciones por minuto (r/m) de la rueda.

Se tiene:

$$\theta = \omega t; \qquad \omega = \frac{\theta}{t}; \qquad t = \frac{\theta}{\omega};$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ (Tabla 1 . 4)}; \; v = \omega r = \frac{\pi d n}{60}; \; c = \theta r; \; n = \frac{60\omega}{2\pi}$$

Ejemplos.—1.° ¿Cuál es la velocidad angular de una rueda que gira a razón de 500 r/m²?

$$\omega = \frac{2 \times \pi \times 500}{60} = 52{,}36 \text{ radianes por segundo (Tabla 1.4)}$$

2.° ¿Qué espacio periférico recorre en 30 segundos una rueda cuya velocidad angular es de 52,36 rad, siendo el radio de la rueda de 40 cm?

$$\theta = 52{,}36 \times 30 = 1570{,}8 \text{ rad}; \; e = 1570{,}8 \times 0{,}4 = 628{,}32 \text{ m.}$$

3.° ¿Cuál es la velocidad periférica de una rueda de 0,40 m de radio que gira a razón de 500 r/m?

$$\omega = 52{,}360 \text{ (Tabla 1.4)}; \; v = 52{,}360 \times 0{,}40 = 20{,}944 \text{ m/s).}$$

$$\text{(También } v = \frac{2 \times 3{,}1416 \times 0{,}4 \times 500}{60} = 20{,}944 \text{ m/s).}$$

Movimiento de los cuerpos	VELOCIDAD ANGULAR ω R/M,n = 1 a 1000	TABLA 1 . 4

n (r/m)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Radianes									
00	0,00	0,1047	0,2094	0,3142	0,4189	0,5236	0,6283	0,7330	0,8378	0,9425
10	1,0472	1,1519	1,2566	1,3614	1,4681	1,5708	1,6755	1,7802	1,8850	1,9897
20	2,0944	2,1991	2,3038	2,4086	2,5133	2,6180	2,7227	2,8284	2,9322	3,0369
30	3,1416	3,2463	3,3510	3,4558	3,5605	3,6652	3,7699	3,8746	3,9794	4,0841
40	4,1888	4,2935	4,3982	4,5029	4,6077	4,7124	4,8171	4,9218	5,0265	5,1313
50	5,2360	5,3407	5,4454	5,5501	5,6549	5,7596	5,8643	5,9690	6,0737	6,1785
60	6,2832	6,3879	6,4926	6,5973	6,7021	6,8068	6,9115	7,0162	7,1209	7,2257
70	7,3304	7,4351	7,5398	7,6445	7,7493	7,8540	7,9587	8,0634	8,1681	8,2729
80	8,3776	8,4823	8,5870	8,6917	8,7965	8,9012	9,0059	9,1106	9,2153	9,3201
90	9,4248	9,5245	9,6342	9,7389	9,8437	9,9484	10,053	10,158	10,263	10,367
100	10,472	10,577	10,681	10,786	10,891	10,996	11,100	11,205	11,310	11,414
110	11,519	11,624	11,729	11,833	11,938	12,043	12,147	12,252	12,357	12,462
120	12,566	12,671	12,776	12,881	12,985	13,090	13,195	13,299	13,404	13,509
130	13,614	13,718	13,823	13,928	14,032	14,137	14,242	14,347	14,451	14,556
140	14,661	14,765	14,870	14,975	15,080	15,184	15,289	15,394	15,499	15,603
150	15,708	15,813	15,917	16,022	16,127	16,232	16,336	16,441	16,546	16,650
160	16,755	16,860	16,965	17,069	17,174	17,279	17,383	17,488	17,592	17,698
170	17,802	17,907	18,012	18,117	18,221	18,326	18,431	18,535	18,640	18,745
180	18,850	18,954	19,059	19,164	19,268	19,373	19,478	19,583	19,687	19,792
190	19,897	20,001	20,106	20,211	20,316	20,420	20,525	20,630	20,735	20,839
200	20,944	21,049	21,153	21,258	21,363	21,468	21,572	21,677	21,782	21,886
210	21,991	22,096	22,201	22,305	22,410	22,515	22,619	22,724	22,829	22,934
220	23,038	23,143	23,248	23,353	23,457	23,562	23,667	23,771	23,876	23,981
230	24,086	24,190	24,295	24,400	24,504	24,609	24,714	24,819	24,923	25,028
240	25,133	25,237	25,342	25,447	25,552	25,656	25,761	25,866	25,970	26,075
250	26,180	26,285	26,389	26,494	26,599	26,704	26,808	26,913	27,018	27,122
260	27,227	27,332	27,437	27,541	27,646	27,751	27,855	27,960	28,065	28,170
270	28,274	28,379	28,484	28,588	28,693	28,798	28,903	29,007	29,112	29,217
280	29,322	29,426	29,531	29,636	29,740	29,845	29,950	30,055	30,159	30,264
290	30,369	30,473	30,578	30,683	30,788	30,892	30,997	31,102	31,206	31,311
300	31,416	31,521	31,625	31,730	31,835	31,940	32,044	32,149	32,254	32,358
310	32,463	32,568	32,673	32,777	32,882	32,987	33,091	33,196	33,301	33,406
320	33,510	33,615	33,720	33,824	33,929	34,034	34,139	34,243	34,348	34,453
330	34,558	34,662	34,767	34,872	34,976	35,081	35,186	35,291	35,395	35,500
340	35,605	35,709	35,814	35,919	36,024	36,128	36,233	36,338	36,442	36,547
350	36,652	36,757	36,861	36,966	37,071	37,176	37,280	37,385	37,490	37,594
360	37,699	37,804	37,909	38,013	38,118	38,223	38,327	38,432	38,537	38,642
370	38,746	38,851	38,956	39,060	39,165	39,270	39,375	39,479	39,584	39,689
380	39,794	39,898	40,003	40,108	40,212	40,317	40,422	40,527	40,631	40,736
390	40,841	40,945	41,050	41,155	41,260	41,364	41,469	41,574	41,678	41,783

n r.p.m.	00	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Radianes									
400	41,888	42,935	43,982	45,029	46,077	47,124	48,171	49,218	50,265	51,313
500	52,360	53,407	54,454	55,501	56,549	57,596	58,643	59,690	60,737	61,785
600	62,832	63,879	64,296	65,973	67,021	68,068	69,115	70,162	71,209	72,257
700	73,304	74,510	75,398	76,445	77,493	78,450	79,587	80,634	81,681	82,729
800	83,776	84,823	85,870	86,917	87,965	89,012	90,059	91,106	92,153	93,201
900	92,248	95,295	96,342	97,389	98,437	99,485	100,531	101,578	102,625	103,673
1000	104,720									

Nota. — En la Tabla se expresa la velocidad angular ω para móviles que giran de 1 a 400 r/m y también para los que giran de 410 a 1000 r/m expresadas cada 10 unidades (410, 420, ... 990, 1000).

Aplicación.

Velocidad angular de una rueda que gira a 360 r/m. Directamente, ω = 32,044 radianes por segundo.

Velocidad angular y periférica de una rueda de 450 mm de diámetro que gira a 850 r/m.

Velocidad angular ω = 89,012 rad/s.

Velocidad periférica v = 89,012 × 0,225 = 20,028 m/s.

MOVIMIENTO.—ACELERACIÓN LINEAL

Movimiento uniformemente acelerado o retardado

Movimiento rectilíneo, siendo:

v_o La velocidad inicial del móvil, por segundo.
v La velocidad final, por segundo
a La aceleración por segundo
$-a$ La retardación por segundo
t El tiempo de aceleración o de retardación
e El espacio recorrido durante la aceleración o retardación.

Aceleración con el móvil en reposo $v_o = 0$, o retardación con velocidad inicial v_o, se tiene:

$$v = at; \qquad c = \frac{at^2}{2}; \qquad t = \frac{v}{a}$$

Las relaciones entre las funciones son:

$v = at$	$e = at^2/2$	$a = 2e/t^2$	$t = 2e/v$
$v = 2e/t$	$e = vt/2$	$a = v^2/2e$	$t = \sqrt{2e/a}$
$v = \sqrt{2ae}$	$e = v^2/2a$	$a = v/t$	$t = v/a$

Ejemplos.—1.° Un coche inicia su salida y alcanza una velocidad de 100 km/h en 30 segundos. ¿Cuál ha sido la aceleración y qué espacio ha recorrido durante ésta?

$$v = \frac{100 \times 1000}{60 \times 60} = 27{,}778 \text{ m/s; aceleración } a = \frac{27{,}778}{30} = 0{,}926 \text{ m/s;}$$

$$\text{espacio recorrido } e = \frac{0{,}926 \times 30^2}{2} = 416{,}7 \text{ m.}$$

2.° Un coche que circula a 100 km/h tiene que parar para evitar un obstáculo situado a 200 m. ¿En qué tiempo máximo ha de parar y cuál será la retardación?

$$v = \frac{100 \times 1000}{60 \times 60} = 27{,}778 \text{ m/s; retardación } -a = \frac{27{,}778^2}{2 \times 200} = -1{,}929 \text{ m/s;}$$

$$\text{tiempo para parar } t = \frac{2 \times 200}{27{,}778} = 14{,}4 \text{ segundos.}$$

Aceleración con velocidad inicial (uniforme) v_o; se tiene;

$$v = v_o + at; \qquad e = v_o t + \frac{at^2}{2}; \; t = \frac{v - v_o}{a}$$

Las relaciones entre las funciones son:

$v = v_o + at$	$v_o = \sqrt{v^2 - 2ae}$	$e = v_o t + at^2/2$	$a = (v^2 - v_o^2)2e$
$v = (2e/t) - v_o$	$v_o = (2e/t) - v)$	$e = (v + v_o)t/2$	$a = (v - v_o)/t$
$v = \sqrt{v_o^2 + 2\,ae}$	$v_o = v - at$	$e = (v^2 - v^2)/2a$	$a = 2(e - v_o t)/t^2$
$v = (e/t) + at/2$	$v_o = (e/t) - at/2$	$e = vt - at^2/2$	$a = 2(vt - e)/t^2$

$$t = (v - v_o)/a$$
$$t = 2e/(v + v_o)$$

Ejemplos.—1.° Un coche que rueda a razón de 80 km/h pasa a 120 km/h en 18 segundos. ¿Cuál ha sido la aceleración para alcanzar la nueva velocidad y qué recorrido ha efectuado durante la aceleración?

$$v_o = \frac{80 \times 1000}{60 \times 60} = 22{,}222 \text{ m/s}; \qquad v = \frac{120 \times 1000}{60 \times 60} = 33{,}333 \text{ m/s;}$$

aceleración $a = (33{,}33 - 22{,}222)/18 = 0{,}617$ m/s; espacio recorrido $e = (33{,}333 + 22{,}222) \times 18/2 = 500{,}0$ m.

2.° Un coche que rueda a 100 km/h ha de reducir su velocidad a 60 km/h en un recorrido de 80 m. ¿Cuál será la retardación y el tiempo invertido durante ésta?

$$v = \frac{100 \times 1000}{60 \times 60} = 27{,}778 \text{ m/s}; \qquad v_o = \frac{60 \times 1000}{60 \times 60} = 16{,}667 \text{ m/s}$$

$$\text{retardación } -a = (27{,}778^2 - 16{,}667^2)/2 \times 80 = -3{,}086 \text{ m/s;}$$

$$\text{tiempo de retardación } t = 2 \times 80/(27{,}778 + 16{,}667) = 3{,}60 \text{ s.}$$

MOVIMIENTO.—ACELERACIÓN ANGULAR

Movimiento uniformemente acelerado o retardado

Movimiento circular, siendo:

- ω_o La velocidad angular inicial de la rueda o móvil, en radianes por segundo.
- ω La velocidad angular final, en radianes por segundo (rad/s).
- a La aceleración angular, por segundo (rad).
- −a La retardación angular, por segundo (rad).
- t El tiempo de aceleración o de retardación.
- θ El espacio angular recorrido durante la aceleración o retardación (rad).

También se considera

- v La velocidad tangencial de la rueda, por segundo.
- r y d El radio y diámetro de la rueda.
- e El espacio que recorre cada punto de la periferia de la rueda durante la aceleración o retardación.
- n Números de revoluciones por minuto (r/m) de la rueda.

Aceleración con el móvil en reposo $\omega_o = 0$, o retardación con velocidad inicial ω_o; se tiene:

$$\omega = at; \qquad \theta = \frac{at^2}{2}; \qquad t = \frac{\omega}{a}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} \text{ (Tabla 1.4)}; \quad v = \omega t \left(= \frac{\pi d n}{60} \right); \quad e = \theta r; \quad n = \frac{60\,\omega}{2\pi}$$

Las relaciones entre las funciones son:

$$\begin{array}{llll} \omega = at & \theta = at^2/2 & a = 2\theta/t^2 & t = 2\theta/\omega \\ \omega = 2\theta/t & \theta = \omega t/2 & a = \omega^2/2\theta & t = \sqrt{2\theta/a} \\ \omega = \sqrt{2a\theta} & \theta = \omega^2/2a & a = \omega/t & t = \omega/a \end{array}$$

Ejemplos. 1.° Un coche cuyas ruedas miden 60 cm ⌀ inicia su salida y alcanza una velocidad de 100 km/h en 30 segundos. ¿Cuál ha sido la aceleración angular y el espacio angular recorrido?

$$n = \frac{100 \times 1000}{3{,}1416 \times 0{,}6 \times 60} = 884{,}2 \text{ r/m}; \quad \omega = \frac{2 \times 3{,}1416 \times 884{,}2}{60} = 92{,}593 \text{ rad/s};$$

$a = 92{,}593/30 = 3{,}086$ rad/s; $\theta = (3{,}086 \times 30^2)/2 = 1388{,}7$ rad; el camino recorrido, por el coche durante la aceleración es $e = 1388{,}7 \times (0{,}6/2) = 416{,}6$ m.

2.° Un coche que circula a 100 km/h ha de parar durante un recorrido de 200 m. ¿Qué tiempo ha de invertir en parar y cuál será la retardación angular, si las ruedas miden 60 cm?

$$n = \frac{100 \times 1000}{3{,}1416 \times 0{,}6 \times 60} = 884{,}2 \text{ r/m}; \quad \omega_o = \frac{2 \times 3{,}1416 \times 884{,}2}{60} = 92{,}593 \text{ rad/s}; \ \theta = \frac{200}{0{,}3} = 666{,}667 \text{ rad};$$

tiempo para parar $t = \dfrac{2 \times 666{,}667}{92{,}593} = 14{,}4$ s; retardación $-a = \dfrac{92{,}593}{14{,}4} = 6{,}43$ rad/s (La retardación lineal es $-ar = -6{,}43 \times 0{,}3 = -1{,}929$ m/s).

Aceleración o retardación con velocidad angular (uniforme) ω_o; se tiene:

$$\omega = \omega_o t + at; \quad \theta = \omega_o t + \frac{at^2}{2}; \quad t = \frac{\omega - \omega_o}{a}$$

ω, v, e y n en función del radio y r/m, como en el móvil en reposo.

Las relaciones entre las funciones son:

$$\begin{array}{llll} \omega = \omega_o + at & \omega_o = \sqrt{\omega^2 - 2a\theta} & \theta = \omega_o t + at^2/2 & a = (\omega^2 - \omega_o^2)/2\theta \\ \omega = (2\theta/t) - \omega_o & \omega_o = (2\theta/t) - \omega & \theta = (\omega + \omega_o)t/2 & a = (\omega - \omega_o)/t \\ \omega = \sqrt{\omega_o^2 + 2a\theta} & \omega_o = \omega - at & \theta = (\omega^2 - \omega^2)/2a & a = 2(\theta - \omega_o t)/t^2 \\ \omega = (\theta/t) + at/2 & \omega_o = (\theta/t) - at/2 & \theta = \omega t - at^o/2 & a = 2(\omega t - \theta)/t^2 \end{array}$$

$$t = (\omega - \omega_o)/a$$
$$t = 2\theta/(\omega + \omega_o)$$

Ejemplos. 1.° Un coche que rueda a razón de 80 km/h pasa a 120 km/ en 18 segundos. ¿Cuál ha sido la aceleración angular para alcanzar la nueva velocidad y qué recorrido, angular y lineal ha efectuado durante la aceleración, siendo el diámetro de las ruedas igual a 60 cm?

$$v_o = \frac{80 \times 1000}{60 \times 60} = 22{,}222 \text{ m/s}, \ \omega_o = \frac{22{,}222}{0{,}3} = 74{,}074 \text{ rad/s}; \ v = \frac{120 \times 1000}{60 \times 60} = 33{,}333 \text{ m/s}, \ \omega = \frac{33{,}333}{0{,}3} = 111{,}111 \text{ rad/s};$$

$$a = \frac{111{,}111 - 74{,}074}{18} = 2{,}058 \text{ rad/s}; \ \theta = \frac{(111{,}111 + 74{,}074) \times 18}{2} = 1666{,}67 \text{ rad}; \ e = 1666{,}67 \times 0{,}3 = 500{,}0 \text{ m}.$$

2.° Un coche que rueda a 100 km/h a de reducir su velocidad a 60 km/h en un recorrido de 80 m. ¿Cuál será la retardación angular y lineal, y el tiempo invertido, siendo las ruedas de 0,6 m ⌀?

$$v = \frac{100 \times 1000}{60 \times 60} = 27{,}778 \text{ m/s}, \ \omega = \frac{27{,}778}{0{,}3} = 92{,}593 \text{ rad/s}; \ v_o = \frac{60 \times 1000}{60 \times 60} = 16{,}667 \text{ m/s}, \ \omega_o = \frac{16{,}667}{0{,}3} = 55{,}556 \text{ rad/s};$$

$$\theta = \frac{80}{0{,}3} = 266{,}667 \text{ rad}; \ -a = \frac{92{,}593^2 - 55{,}556^2}{2 \times 266{,}667} = -10{,}288 \text{ rad/s}; \quad v = 10{,}288 \times 0{,}3 = -3{,}086 \text{ m/s};$$

$$t = (92{,}593 - 55{,}556)/10{,}288 = 3{,}60 \text{ s}.$$

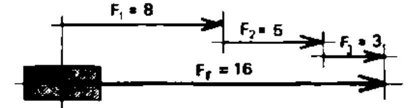
COMPOSICION Y DESCOMPOSICION GRÁFICA DE FUERZAS (1.ª)

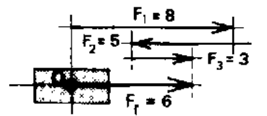
Representación y composición de fuerzas

Las fuerzas pueden representarse, gráficamente, por medio de segmentos rectilíneos, cuyas longitudes, representadas a escala, fijan las intensidades de las fuerzas (kg, t).

Composición o descomposición de fuerzas

a) Varias fuerzas situadas en el mismo plano, aplicadas al mismo punto de un cuerpo, y que tienen la misma dirección. —Se suman algebraicamente.



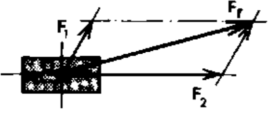


b) Dos fuerzas situadas en el mismo plano, aplicadas al mismo punto de un cuerpo, en distinta dirección. —Se componen mediante el paralelogramo o triángulo de fuerzas.

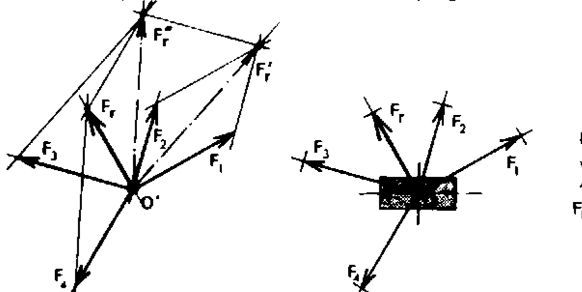
Paralelogramo de fuerzas

F1 Fr F2

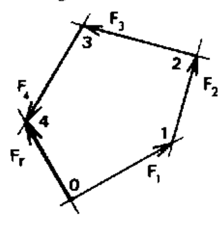
Triángulo de fuerzas



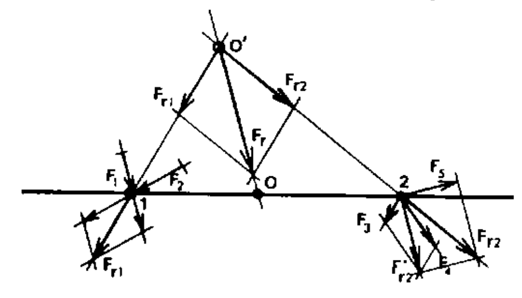
c) Varias fuerzas situadas en el mismo plano, aplicadas al mismo punto de un cuerpo, en distintas direcciones. —Se compondrán dos a dos o mediante el polígono de fuerzas.



Polígono de fuerzas



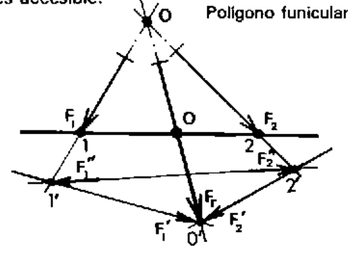
d) Varias fuerzas situadas en el mismo plano, aplicadas en dos puntos de un cuerpo, actuando en varias direcciones. —Se compondrán las fuerzas de cada punto, y luego sus resultantes.

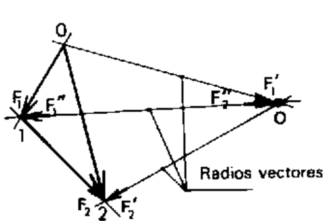


NOTA. —Para la descomposición de un fuerza o de varias en otras, todas situadas en el mismo plano, se procederá de modo inverso a la composición de fuerzas.

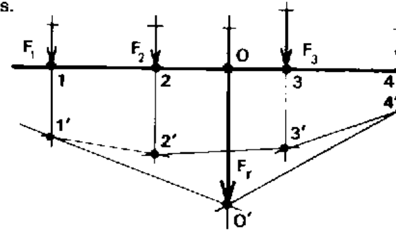
COMPOSICION Y DESCOMPOSICION GRÁFICA DE FUERZAS (2.ª)

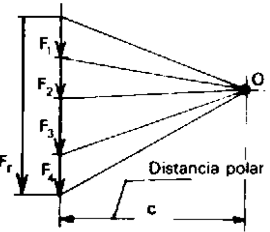
e) Dos fuerzas situadas en el mismo plano, aplicadas en dos puntos de un cuerpo, actuando en distinta dirección. — Se compondrán mediante los polígonos vectorial y funicular, si su punto de intersección no es accesible.



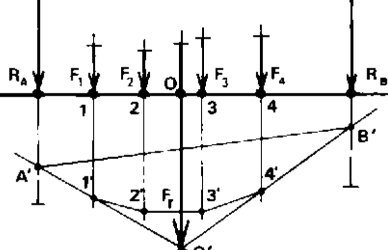


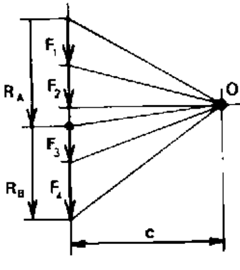
f) Varias fuerzas paralelas situadas en el mismo plano, aplicadas en distintos puntos de un cuerpo. — Se compondrán mediante los polígonos vectorial y funicular. La resultante es igual a la suma de las fuerzas.





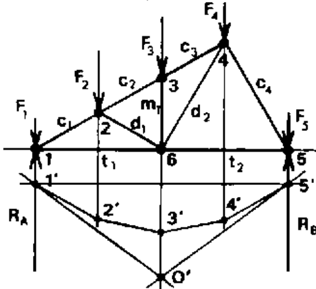
g) Substitución de varias fuerzas paralelas, por otras dos también paralelas que pasen por puntos fijados. — Se procede de modo similar al caso f), completando el polígono funicular en las posiciones de las fuerzas de substitución.

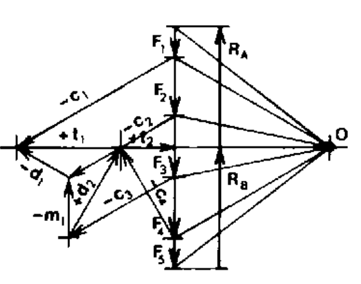




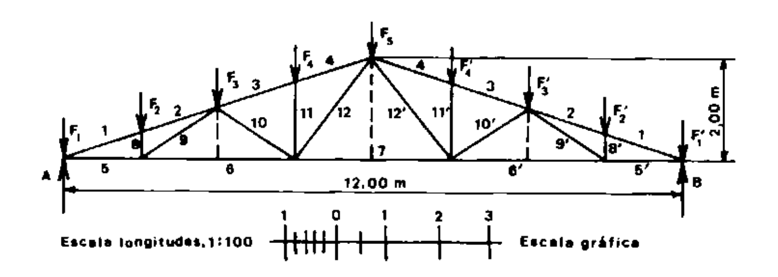
NOTA. — R_A y R_B serían las reacciones de apoyo de la viga AB, soportando las fuerzas F_1, F_2, F_3 y F_4.

h) Reacciones en los apoyos y esfuerzos en las barras de una armadura o cereha.



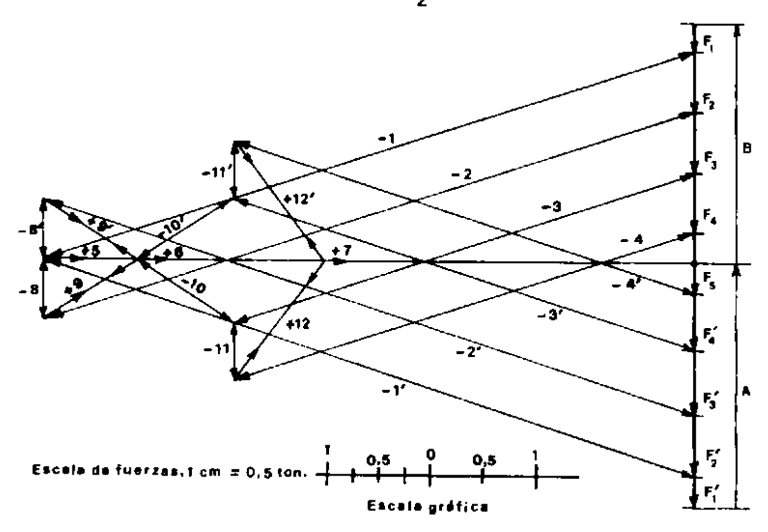


COMPOSICION GRÁFICA DE FUERZAS
DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS EN UNA ARMADURA



F_1, F'_1 = 0,3 t; F_2, F'_2, F_3... F'_2 = 0,6 t.

$$A = B = 0{,}3 + 3 \times 0{,}6 + \frac{0{,}6}{2} = 2{,}4 \text{ t.}$$



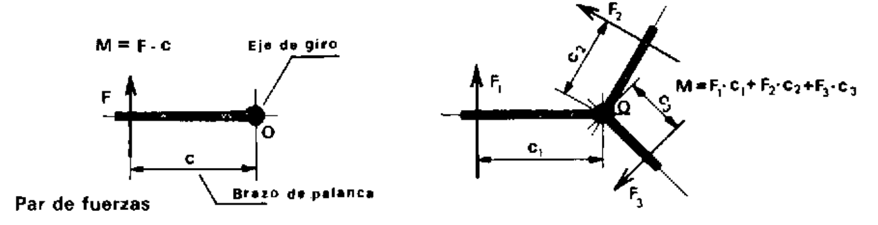
Esfuerzos en las barras

Barra 1-1′, −6,65 t (comp.). Long. = 1,55 m.
Barra 2-2′, −6,65 t (comp.). Long. = 1,55 m.
Barra 3-3′, −4,65 t (comp.). Long. = 1,55 m.
Barra 4-4′, −4,65 t (comp.). Long. = 1,55 m.
Barra 5-5′, +6,30 t (tracc.). Long. = 1,50 m.
Barra 6-6′, +5,35 t (tracc.). Long. = 3,00 m.
Barra 7-7′, +3,55 t (tracc.). Long. = 3,00 m.
Barra 8-8′, −0,60 t (comp.). Long. = 0,50 m.
Barra 9-9′, +1,10 t (tracc.). Long. = 1,80 m.
Barra 10-10′, −1,10 t (comp.). Long. = 1,80 m.
Barra 11-11′, −0,60 t (comp.). Long. = 1,50 m.
Barra 12-12′, +1,50 t (comp.). Long. = 2,50 m.

MOMENTO DE GIRO Y MOMENTO ESTÁTICO

Momento de giro

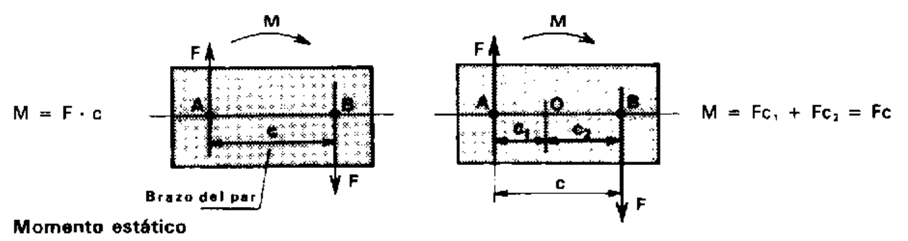
Cuando una fuerza P, situada en un plano, gira alrededor de un punto 0 situado a la distancia c de la fuerza, se produce un momento de giro $M = Fc$; si son varias las fuerzas giratorias y variables sus distancias, el momento de giro será igual a la suma algebraica de los momentos parciales.



Par de fuerzas

Dos fuerzas P iguales y paralelas, de sentido contrario, situadas en un plano y separadas la longitud c, imprimer al plano un momento de giro o par de fuerzas $M = Pc$, siendo este valor constantes, independientemente del centro de giro, situado entre las dos fuerzas.

$M = F \cdot c$

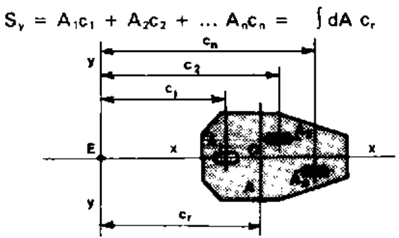


$M = Fc_1 + Fc_2 = Fc$

Momento estático

Momento estático de un cuerpo respecto de un eje, es igual a la suma de los productos de las masas mínimas o elementos que lo componen, por las respectivas distancias del eje de momentos.

$$S_y = A_1c_1 + A_2c_2 + \dots A_nc_n = \int dA\ c_r$$

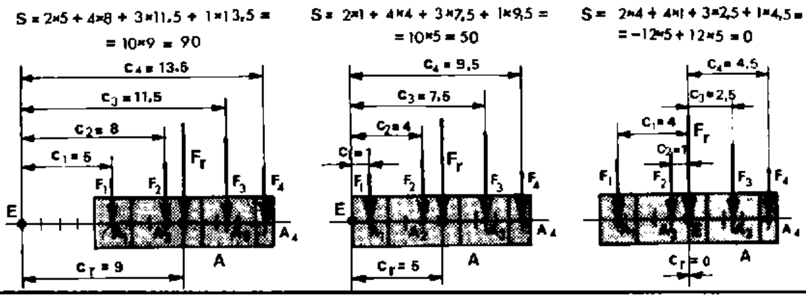


El valor del momento estático varia según la posición del eje de giro, anulándose cuando este eje coincide con la posición de la resultante de las fuerzas o áreas parciales (c. de g.).

$S = 2 \times 5 + 4 \times 8 + 3 \times 11{,}5 + 1 \times 13{,}5 = 10 \times 9 = 90$

$S = 2 \times 1 + 4 \times 4 + 3 \times 7{,}5 + 1 \times 9{,}5 = 10 \times 5 = 50$

$S = 2 \times 4 + 4 \times 1 + 3 \times 2{,}5 + 1 \times 4{,}5 = -12 \times 5 + 12 \times 5 = 0$



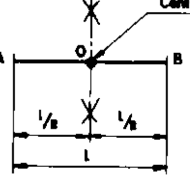
CENTRO DE GRAVEDAD DE LÍNEAS

Centro de gravedad

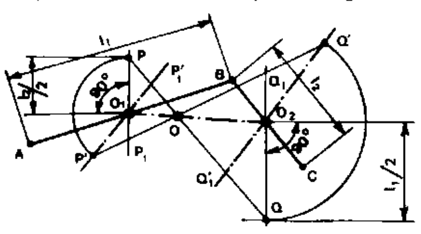
Centro de gravedad o de gravitación de un cuerpo, es un punto fijo del mismo por el que pasa la resultante de los pesos de las moléculas que lo forman; este punto es independiente de la orientación del cuerpo y suspendido de el, el cuerpo se halla en equilibrio indiferente.

Centro de gravedad de líneas homogéneas

a) Segmento de recta AB. — El centro de gravedad (c. de g. o baricentro) O, se halla en el punto medio recta

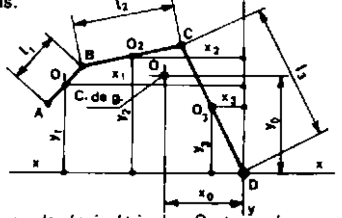


b) Línea quebrada ABC. — El centro de gravedad O se halla sobre la recta que une los c. de g. parciales O_1 y O_2, y se determinará por medio de una recta que une segmentos de longitud $l_1/2$ y $l_2/2$



PP_1 y QQ_1 paralelas.

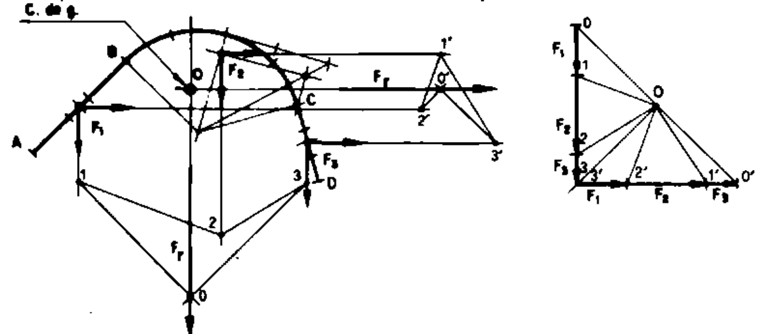
c) Línea poligonal ABCD... — Se tomarán momentos de los c. de g. parciales, con relaciones a ejes de coordenadas.



$$x_o = \frac{\Sigma(l_1x_1 + l_2x_2 + l_3x_3...)}{l_1 + l_2 + l_3}$$

$$y_o = \frac{\Sigma(l_1y_1 + l_2y_2 + l_3y_3...)}{l_1 + l_2 + l_3}$$

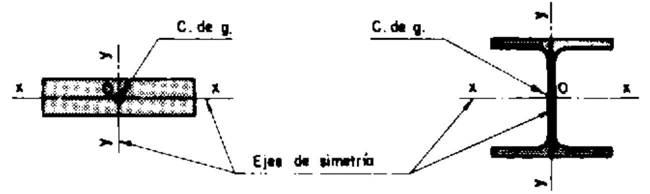
d) Línea irregular (asimétrica). — Se tomarán momentos de los c. de g. parciales, como en el caso c), o se halla el punto de intersección de dos resultantes cualesquiera



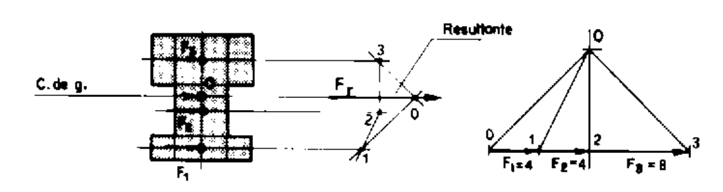
CENTRO DE GRAVEDAD DE SUPERFICIES Y DE CUERPOS

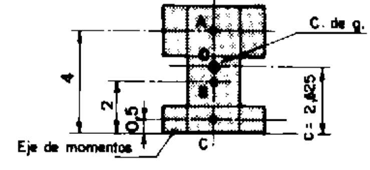
Centro de gravedad de superficies y de cuerpos

a) Superficies simétricas. — El centro de gravedad coincide con el punto de intersección de los ejes.



b) Superficie simétrica con relación a un eje. — Se halla el punto de intersección de una resultante con el eje de simetría, o se toman momentos con relación a un punto de aquel eje.



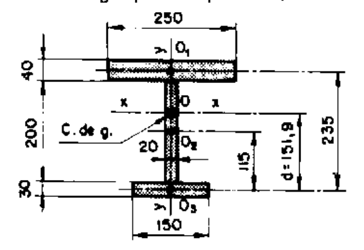


$$A = 8;\ B = 4;\ C = 4$$

$$\begin{aligned} A_c &= 8 \times 4,0 = 32,0 \\ B_c &= 4 \times 2,0 = 8,0 \\ C_c &= 4 \times 0,5 = 2,0 \\ &\ \ 16 \qquad\quad 42,0 \end{aligned}$$

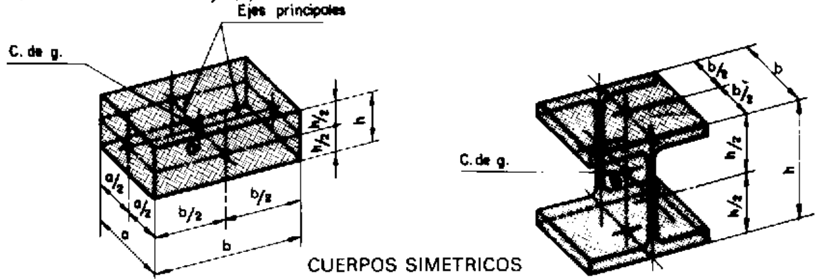
$$c = \frac{42}{16} = 2,625$$

Para la viga que se representa, resulta:



Superficie A, cm²	Longitud l, cm.	Momento estático S, cm³	Posición c. de g. c, cm.
A_1 25 · 4,0 = 100	23,5	2350	$c = \frac{2810}{185} = 15,19$
A_2 2,0 · 20 = 40	11,5	460	
A_3 15 · 3,0 = 45	0,0	0	
A = 185		S = 2810	

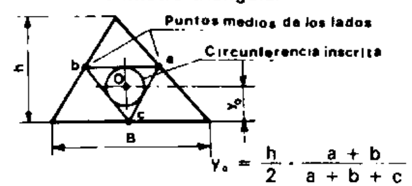
c) Cuerpos simétricos y asimétricos. — El c. de g. de un cuerpo simétrico con relación a sus tres ejes, coincide con el punto de intersección de éstos; si es simétrico con relación a dos ejes, se tomarán momentos con relación a dos ejes, y si es asimétrico los momentos se tomarán con relación a los tres ejes.



CUERPOS SIMETRICOS

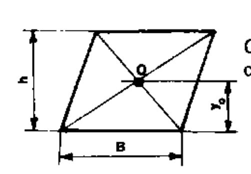
CENTROS DE GRAVEDAD
Líneas y superficies

Perímetro triangular



$$y_o = \frac{h}{2} \cdot \frac{a + b}{a + b + c}$$

Paralelogramo

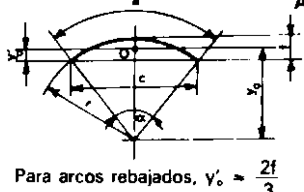


O, punto de intersección de las diagonales.

$$y_o = \frac{h}{2}$$

Arco de circunferencia





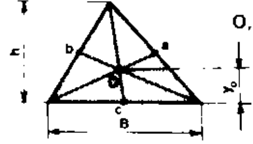
$$y_o = \frac{rc}{a} = \frac{c(c^2 + 4f^2)}{8af}$$

$$y_o = \frac{2}{\alpha} \text{ sen } \frac{\alpha}{2} \text{ (}\alpha\text{ divisor en radianes)}$$

Para α = 180°, y_o = 0,6366 r
Para α = 120°, y_o = 0,8270 r
Para α = 90°, y_o = 0,9003 r
Para α = 60°, y_o = 0,9549 r
Para α = 45°, y_o = 0,9745 r
Para α = 30°, y_o = 0,9886 r

Para arcos rebajados, $y'_o \approx \frac{2f}{3}$

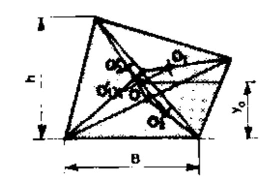
Superficie triangular



O, intersección de las medianas.

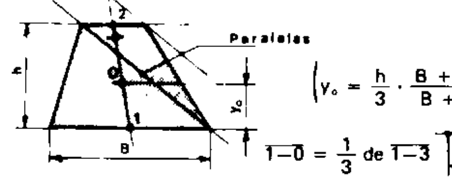
$$y_o = \frac{h}{3}$$

Cuadrilátero



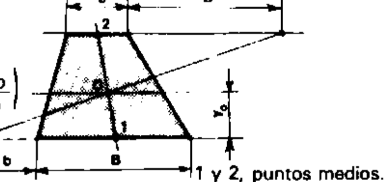
O, intersección de las rectas que unen los c. de g. de los triángulos parciales.

Trapecio



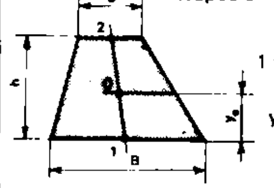
$$\left(y_o = \frac{h}{3} \cdot \frac{B + 2b}{B + b}\right)$$

$$\overline{1-0} = \frac{1}{3} \text{ de } \overline{1-3}$$



1 y 2, puntos medios.

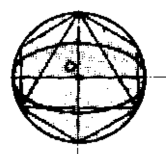
Trapecio



1 y 2 puntos medios

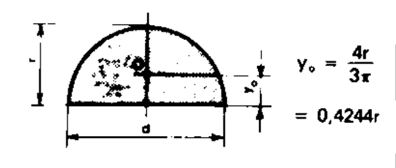
$$y_o = \frac{h}{3} \cdot \frac{B + 2b}{B + B}$$

Círculo y figuras regulares



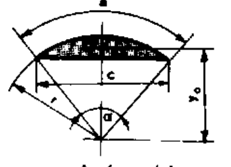
El centro O de las figuras, es su centro de gravedad.

Semicírculo



$$y_o = \frac{4r}{3\pi} = 0{,}4244r$$

Segmento circular

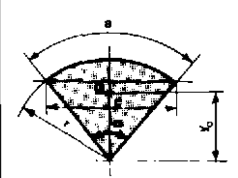


$$y_o = \frac{c^3}{12\,A} = \frac{2}{3} \cdot \frac{r^3 \text{sen } \frac{\alpha}{2}}{A}$$

A, área del segmento.

Centros de gravedad	***CENTROS DE GRAVEDAD*** ***Superficies***	TABLA 2_2 . 4

Sector circular

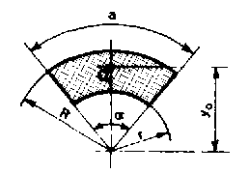


$$y_o = \frac{2}{3} \cdot \frac{rc}{a}$$

$$= \frac{2}{3} \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} \, \frac{360\, r}{\alpha\pi}$$

Para $\alpha = 180°$, $y_o = 0{,}4244\, r$
Para $\alpha = 120°$, $y_o = 0{,}5513\, r$
Para $\alpha = 90°$, $y_o = 0{,}6002\, r$
Para $\alpha = 60°$, $y_o = 0{,}6366\, r$
Para $\alpha = 45°$, $y_o = 0{,}6497\, r$
Para $\alpha = 30°$, $y_o = 0{,}6591\, r$

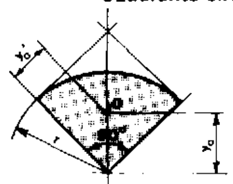
Trapecio circular



$$y_o = \frac{2}{3}\, \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2} \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}\, \frac{360}{\alpha\pi}$$

Para $\alpha = 180°$, $y_o = 0{,}4244 \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$
Para $\alpha = 120°$, $y_o = 0{,}5513 \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$
Para $\alpha = 90°$, $y_o = 0{,}6002 \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$
Para $\alpha = 60°$, $y_o = 0{,}6366 \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$
Para $\alpha = 45°$, $y_o = 0{,}6497 \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$
Para $\alpha = 30°$, $y_o = 0{,}6591 \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$

Cuadrante circular

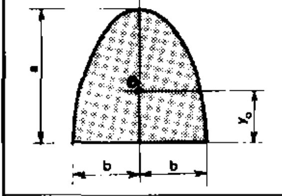


$y_o = 0{,}6002\, r$
$y'_o = 0{,}4244\, r$

Triángulo cóncavo circular

$y_o = 1{,}0983\, r$
$y'_o = 0{,}7766\, r$
$d = 0{,}2234\, r$

Semielipse



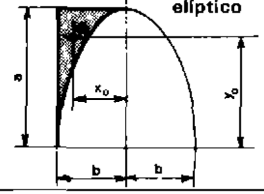
$$y_o = \frac{4}{3} \cdot \frac{a}{\pi}$$

$$= 0{,}4244\, a$$

Cuadrante de elipse

$$y_o = \frac{4}{3} \cdot \frac{a}{\pi}$$
$$= 0{,}4244\, a$$
$$x_o = \frac{4}{3} \cdot \frac{b}{\pi}$$
$$= 0{,}4244\, b$$

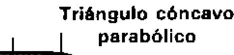
Triángulo cóncavo elíptico

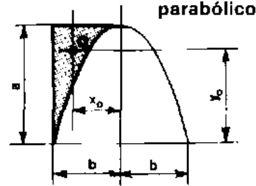


$y_o = 0{,}7766\, a$

$x_o = 0{,}7766\, b$

Triángulo cóncavo parabólico

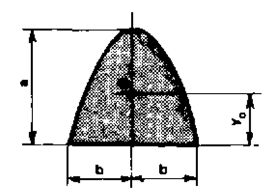




$$y_o = \frac{7}{10}\, a$$

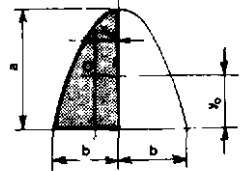
$$x_o = \frac{3}{4}\, b$$

Parábola



$$y_o = \frac{2}{5}\, a$$

Semiparábola

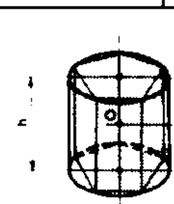


$$y_o = \frac{2}{5}\, a$$

$$x_o = \frac{3}{8}\, b$$

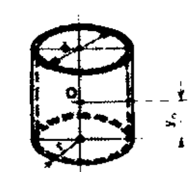
Centros de gravedad	*CENTROS DE GRAVEDAD* *Superficies y volúmenes*	TABLA 2_3 . 4

Cilindro y prismas regulares



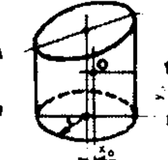
$$y_o = \frac{h}{2}$$

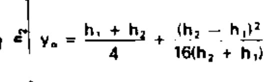
Cilindro hueco con una base



$$y_o = \frac{h^2}{r + 2h} = \frac{2h^2}{4h + d}$$

Cilindro truncado

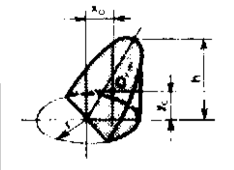


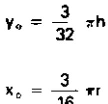


$$y_o = \frac{h_1 + h_2}{4} + \frac{(h_2 - h_1)^2}{16(h_2 + h_1)}$$

$$x_o = \frac{r}{4} \cdot \frac{h_2 - h_1}{h_2 + h_1}$$

Cuña cilíndrica

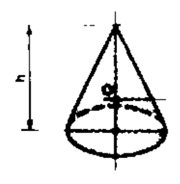




$$y_o = \frac{3}{32}\pi h$$

$$x_o = \frac{3}{16}\pi r$$

Cono



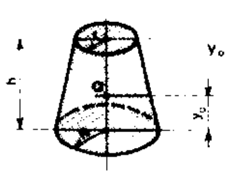
Superficie lateral:

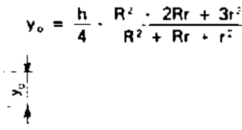
$$y_o = \frac{h}{3}$$

Sólido:

$$y_o = \frac{h}{4}$$

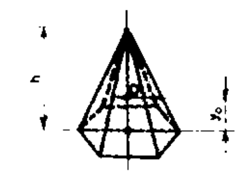
Tronco de cono





$$y_o = \frac{h}{4} \cdot \frac{R^2 + 2Rr + 3r^2}{R^2 + Rr + r^2}$$

Pirámide



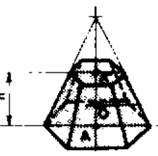
Superficie lateral:

$$y_o = \frac{h}{3}$$

Sólido:

$$y_o = \frac{h}{4}$$

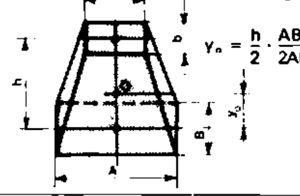
Tronco de pirámide



$$y_o = \frac{h}{4} \cdot \frac{A + 2\sqrt{AA'} + 3A'}{A + \sqrt{AA'} + A'}$$

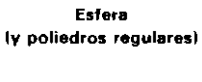
A y A', áreas de las bases

Obelisco



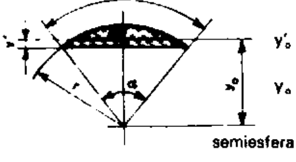
$$y_o = \frac{h}{2} \cdot \frac{AB + Ab + aB + 3ab}{2AB + Ab + aB + 2ab}$$

Esfera (y poliedros regulares)



El centro O, es su centro de gravedad.

Segmento esférico

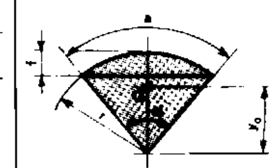


$$y'_o = \frac{h}{4} \cdot \frac{(4r - f)}{(3r - f)}$$

$$y_o = \frac{3}{4} \cdot \frac{(2r - f)^2}{(3r - f)}$$

semiesfera $y_o = \frac{3}{8} r$

Sector esférico



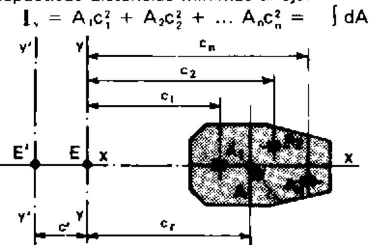
$$y_o = \frac{3}{8}(2r - f)$$

MOMENTO DE INERCIA Y CONCEPTOS DERIVADOS

Momento de inercia axial o ecuatorial

El momento de inercia axial o ecuatorial de una superficie plana A, con respecto a un eje E situado en su plano, es igual a la suma de los productos de las superficies mínimas o elementales de la figura, por los cuadrados de las respectivas distancias mínimas al eje.

$$I_y = A_1c_1^2 + A_2c_2^2 + \dots A_nc_n^2 = \int dA\, c^2$$



El momento de inercia de la superficie de área A respecto de otro eje E', es igual al momento de inercia respecto del eje E más el producto del área A por el cuadrado de la distancia c' entre los dos ejes

$$I_{y'} = A_1(c_1 + c') + A_2(c_2 + c') + \dots A_n(c_n + c') = I_y + Ac'^2$$

Radio de giro

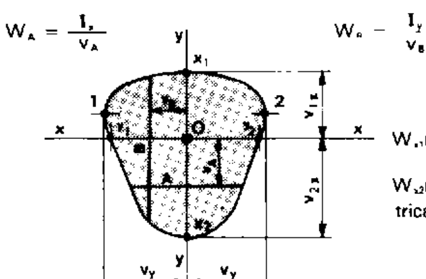
Radio de giro o radio de inercia de una superficie de área A, es igual a la raíz cuadrada entre su momento de inercia I y la superficie A

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Módulo resistente

Módulo resistente o módulo de sección de una superficie plana A, es igual al momento de inercia de la superficie respecto al eje que pasa por su c. de g. dividido por las distancias de los puntos o fibras paralelas a aquel eje.

$$W_A = \frac{I_x}{v_A} \qquad W_B = \frac{I_y}{v_B}$$



$W_{y1}\text{mín} = W_{y2}\text{ mín} = \frac{I_y}{v_y}$ (figura simétrica con relación a y-y).

$W_{x1}\text{mín.} = \frac{I_x}{v_{1x}}$

$W_{x2}\text{mín.} = \frac{I_x}{v_{2x}}$ (figura aximétrica con relación a x-x).

Los momentos resistentes mínimos corresponden a los puntos más alejados de los ejes.

Radio resistente

El radio resistente de una superficie de área A para un eje que pasa por su centro de gravedad, es igual a la razón entre su momento resistente W y su área A.

$$e = \frac{W}{A}$$

Núcleo central

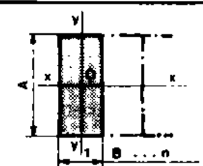
El núcleo central de una superficie de área A, es una figura convexa; si el cuerpo al que corresponde el núcleo central está sometido a la acción de fuerzas de compresión y la resultante de éstas pasa por el perimetro o por dentro del núcleo, estará sometido a esfuerzos de compresión, que serán de compresión y de tracción si aquella resultante pasara fuera de dicho núcleo central.

MOMENTOS DE INERCIA Y MODULOS RESISTENTES DE SECCIONES RECTANGULARES

TABLA 3 . 4

Momento de inercia, $I_x = \frac{nh^3}{12}$

Módulo resistente, $W_x = \frac{nh^2}{6}$



Resistencia a la fatiga por flexión (eje x-x)

$\sigma = \frac{M_f}{W_x}$

h cm	I_x cm⁴	W_x cm³	h cm	I_x cm⁴	W_x cm³	h cm	I_x cm⁴	W_x cm³
1	0,0833	0,16667	36	3888,00	216,000	71	29825,9	840,167
2	0,6666	0,66667	37	4221,08	228,167	72	31104,0	864,000
3	2,2500	1,50000	38	4572,67	240,667	73	32418,1	888,167
4	5,3333	2,66667	39	4943,25	253,500	74	33768,7	912,667
5	10,4167	4,16667	40	5333,33	266,667	75	35156,3	937,500
6	18,0000	6,00000	41	5743,42	280,167	76	36581,3	962,667
7	28,5833	8,16667	42	6174,00	294,000	77	38044,4	988,167
8	42,6667	10,6667	43	6625,58	308,167	78	39546,0	1014,00
9	60,7500	13,5000	44	7098,67	322,667	79	41086,6	1040,17
10	83,3333	16,6667	45	7593,75	337,500	80	42666,7	1066,67
11	110,917	20,1667	46	8111,33	352,667	81	44286,8	1093,50
12	144,000	24,0000	47	8651,92	368,167	82	45947,3	1120,67
13	183,083	28,1667	48	9216,00	384,000	83	47648,9	1148,17
14	228,667	32,6667	49	9804,08	400,167	84	49392,0	1176,00
15	281,250	37,5000	50	10416,7	416,667	85	51177,1	1204,17
16	341,333	42,6667	51	11054,3	433,500	86	53004,7	1232,67
17	409,417	48,1667	52	11717,3	450,667	87	54875,3	1261,50
18	486,000	54,0000	53	12406,4	468,167	88	56789,3	1290,67
19	571,583	60,1667	54	13122,0	486,000	89	58747,4	1320,17
20	666,667	66,6667	55	13864,6	504,167	90	60750,0	1350,00
21	771,750	73,5000	56	14634,7	522,667	91	62797,6	1380,17
22	887,333	80,6667	57	15432,8	541,500	92	64890,7	1410,67
23	1013,92	88,1667	58	16259,3	560,667	93	67029,8	1441,50
24	1152,00	96,0000	59	17114,9	580,167	94	69215,3	1472,67
25	1302,08	104,167	60	18000,0	600,000	95	71447,9	1504,17
26	1464,67	112,667	61	18915,1	620,167	96	73728,0	1536,00
27	1640,25	121,500	62	19860,7	640,667	97	76056,1	1568,17
28	1829,33	130,667	63	20837,3	661,500	98	78432,7	1600,67
29	2032,42	140,167	64	21845,3	682,667	99	80858,3	1633,50
30	2250,00	150,00	65	22885,4	704,167	100	83333,33	1666,67
31	2482,58	160,167	66	23958,0	726,000			
32	2730,67	170,667	67	25063,6	748,167			
33	2994,75	181,500	68	26202,7	770,667			
34	3275,33	192,667	69	27375,8	793,500			
35	3572,92	204,167	70	28583,3	816,667			

Nota.— Los valores de I_x y W_x para alturas A comprendidas entre 100 y 1000 cm, variando de 10 en 10 cm, corresponden a las que figuran en la Tabla para alturas 10 veces menores, multiplicados por 1000 y 100, respectivamente. Los momentos de inercia y resistentes para espesores distintos de la unidad (1 cm), se determinarán multiplicando los valores de la Tabla por el espesor correspondiente (en cm).

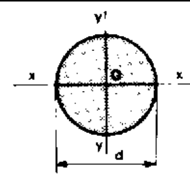
Ejemplo 1.° — Valores de I_x y W_x para A = 14 cm (140 mm) y B = 3 cm (30 mm).
$I_x = 228{,}667 \times 3 = 686{,}0$ cm⁴; $W_x = 32{,}6667 \times 3 = 98{,}0$ cm³.

Ejemplo 2.° — Valores de I_x y W_x para A = 150 cm (1500 mm) y B = 3,5 cm (35 mm).
$I_x = 281{,}25 \times 1000 \times 3{,}5 = 984375$ cm⁴; $W_x = 37{,}5 \times 100 \times 3{,}5 = 13125$ cm³.

Momentos de inercia	MOMENTOS DE INERCIA Y MODULOS RESISTENTES DE SECCIONES CIRCULARES	TABLA 4 . 4

Momento de inercia, $\mathbf{I}_x = \mathbf{I}_y = \dfrac{\pi d^4}{64}$

Módulo resistente mín. $W_x = W_y = \dfrac{\pi d^3}{32}$



Resistencia a la fatiga por flexión

$$\sigma = \frac{M_f}{W_{min}}$$

D cm	$I_x = I_y$ cm⁴	$W_x = W_y$ cm³	d cm	$I_x = I_y$ cm⁴	$W_x = W_y$ cm³	d cm	$I_x = I_y$ cm⁴	$W_x = W_y$ cm³
1	0,0491	0,0982	23,5	14970,7	1274,10	66	931420	28224,9
1,5	0,2485	0,3313	24	16286,0	1357,17	67	989166	29527,3
2	0,7854	0,7854	24,5	17686,2	1443,77	68	1049560	30869,3
2,5	1,9175	1,5340	25	19174,8	1533,98	69	1112670	32251,3
3	3,9761	2,6510	25,5	20755,4	1627,87	70	1178590	33674,0
3,5	7,3662	4,2090	26	22431,8	1725,52	71	1247390	35137,8
4	12,566	6,2830	27	26087,1	1932,37	72	1319170	36643,5
4,5	20,129	8,9462	28	30171,9	2155,13	73	1393990	38191,7
5	30,680	12,272	29	34718,6	2394,38	74	1471960	39782,8
5,5	44,918	16,339	30	39760,8	2650,72	75	1553160	41417,5
6	63,617	21,206	31	45333,2	2924,73	76	1637660	43096,4
6,5	87,624	26,961	32	51471,9	3216,99	77	1725570	44820,0
7	117,859	33,674	33	58213,8	3528,11	78	1816970	46589,0
7,5	155,316	41,418	34	65597,2	3858,66	79	1911960	48404,0
8	201,062	50,266	35	73661,8	4209,24	80	2010620	50265,5
8,5	256,239	60,292	36	82448,0	4580,44	81	2113050	52174,1
9	322,062	71,569	37	91997,7	4972,85	82	2219350	54130,4
9,5	399,820	84,173	38	102354	5387,05	83	2329610	56135,1
10	490,874	98,175	39	113561	5823,63	84	2443920	58188,6
10,5	596,660	113,650	40	125664	6283,19	85	2562390	60291,6
11	718,688	130,671	41	138709	6766,30	86	2685120	62444,7
11,5	858,541	149,312	42	152745	7273,57	87	2812210	64648,4
12	1017,88	169,646	43	167820	7805,58	88	2943750	66903,4
12,5	1198,42	191,748	44	183984	8362,92	89	3079850	69210,2
13	1401,99	215,690	45	201289	8946,18	90	3220620	71569,4
13,5	1630,44	241,547	46	219787	9555,94	91	3366170	73981,7
14	1885,74	269,392	47	239531	10192,8	92	3516590	76447,5
14,5	2169,91	299,298	48	260576	10857,3	93	3671990	78967,6
15	2485,05	331,340	49	282979	11550,2	94	3832490	81542,4
15,5	2833,33	365,591	50	306796	12271,9	95	3998200	84172,6
16	3216,99	402,124	51	332086	13023,0	96	4169220	86858,8
16,5	3638,36	441,013	52	358908	13804,2	97	4345670	89601,5
17	4099,83	482,333	53	387323	14616,0	98	4527660	92401,3
17,5	4603,86	526,155	54	417393	15459,0	99	4715320	95258,9
18	5153,00	572,555	53	449180	16333,8	100	4908740	98174,8
18,5	5749,85	621,606	56	482750	17241,1			
19	6397,12	673,381	57	518167	18181,3			
19,5	7097,55	727,954	58	555497	19155,1			
20	7853,98	785,398	59	594810	20163,0			
20,5	8669,33	845,788	60	636173	21205,8			
21	9546,56	909,197	61	679656	22283,8			
21,5	10488,8	975,698	62	725332	23397,8			
22	11499,0	1045,37	63	773272	24548,3			
22,5	12580,6	1118,27	64	823550	25735,9			
23	13736,7	1194,49	65	876241	26961,3			

Nota.— Los valores de $\mathbf{I}_x = \mathbf{I}_y$ y $W_x = W_y$ para diámetros comprendidos entre 100 y 1000 cm, variando de 5 en 5 cm entre 100 y 260 y de 10 en 10 cm entre 260 y 100, corresponden a los que figuran en la Tabla para diámetro 10 veces menores, multiplicados por 10000 y 1000, respectivamente.

Ejemplo 1.° — Valores de $\mathbf{I}_x$ y W_x para un redondo de 7,5 cm ∅.
Directamente en la Tabla $\mathbf{I}_x = 155{,}316$ cm⁴; $W_x = 41{,}418$ cm³.

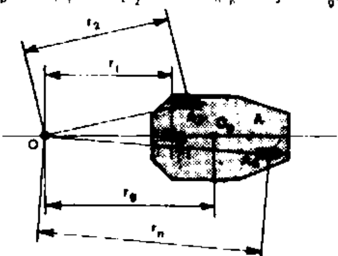
Ejemplo 2.° — Valores de $\mathbf{I}_x$ y W_x para un redondo de 115 cm ∅.
$\mathbf{I}_x = 858{,}541 \times 10000 = 8585410$ cm⁴; $W_x = 149{,}312 \times 1000 = 149312$ cm³.

MOMENTO DE INERCIA POLAR Y MÓDULO DE TORSIÓN

Momento de inercia polar

El momento de inercia polar de una superficie plana A, referido a un polo o situado en el mismo plano, es igual a la suma de los productos de las superficies mínimas o elementales de la figura, por los cuadrados de las respectivas distancias al polo.

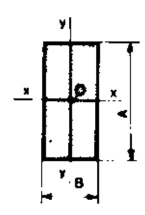
$$I_p = A_1 r_1^2 + A_2 r_2^2 + \ldots A_n r_n^2 = \int dA\, r_g^2.$$



Módulo de torsión

El momento de inercia polar de una superficie plana referido a su centro de gravedad O_g como polo, es su módulo de torsión I_T, siendo al módulo resistente de la torsión W_T, una fracción del módulo de torsión, dependiente de la forma de la superficie.

En las Tablas 5.4 y 6.4 se exponen valores de los módulos de torsión y módulos resistentes de la torsión, de varias figuras usuales en la práctica. En la superficie rectangular, cuando la relación B/H es grande, se procederá de acuerdo con los valores que a continuación se exponen.



$$I_T = \beta A B^3 \; ; \; W_T = \mu A B^2$$

A/B	β	μ
1	0,141	0,208
1,5	0,196	0,238
2	0,229	0,256
2,5	0,249	0,269
3	0,263	0,278
4	0,281	0,290
5	0,291	0,298
6	0,299	0,303
7	0,303	0,307
8	0,307	0,310
9	0,310	0,312
10	0,313	0,314
>10	0,333	0,333

Ejemplo 1.°. – Módulo de torsión y módulo resistente de la torsión de una sección rectangular, A = 6 cm y B = 4 cm.

$r = 6/4 = 1{,}5$; $\beta = 0{,}196$, $\mu = 0{,}238$ (valores en el cuadro).

$I_T = 0{,}196 \times 6 \times 4^3 = 75{,}26$ cm^4; $W_T = 0{,}238 \times 6 \times 4^2 = 22{,}85$ cm^3, valores según el cuadro.

$I_T = \dfrac{1}{36} \times \dfrac{6^3 \times 4^3}{6^2 \times 4^2} = 76{,}80$ cm^4; $W_T = 0{,}222 \times 6 \times 4^2 = 21{,}31$ cm^3, valores según la Tabla 5.4, sensiblemente iguales a los anteriormente obtenidos según el cuadro.

Ejemplo 2.° – Módulos para A = 10 cm y B = 4 cm.

$r = 10/4 = 2{,}5$; $\beta = 0{,}249$, $\mu = 0{,}269$

$I_T = 0{,}249 \times 10 \times 4^3 = 159{,}36$ cm^4; $W_T = 0{,}269 \times 10 \times 4^2 = 43{,}04$ cm^3 (según cuadro).

$I_T = \dfrac{1}{3{,}6} \times \dfrac{10^3 \times 4^3}{10^2 \times 4^2} = 153{,}26$ cm^4; $W_T = 0{,}222 \times 10 \times 4^2 = 35{,}52$ cm^3 (según Tabla 5.4), valores inferiores a los anteriores.

Ejemplo 3.° – Módulos para A = 32 cm y B = 4 cm.

$r = 32/4 = 8$; $\beta = 0{,}307$, $\mu = 0{,}310$

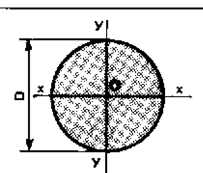
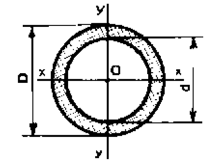
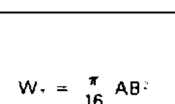
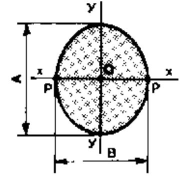
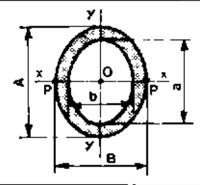
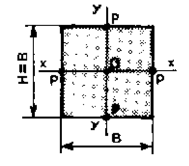
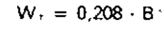
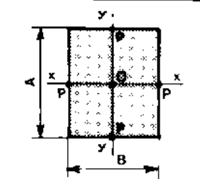
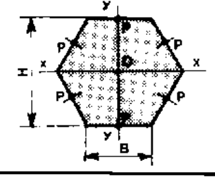
$I_T = 0{,}307 \times 32 \times 4^3 = 628{,}74$ cm^4; $W_T = 0{,}310 \times 32 \times 4^2 = 158{,}72$ cm^3 (según cuadro).

$I_T = \dfrac{1}{3{,}6} \times \dfrac{32^3 \times 4^3}{32^2 \times 4^2} = 560{,}14$ cm^4; $W_T = 0{,}222 \times 32 \times 4^2 = 113{,}66$ cm^3, valores inferiores a los anteriores.

Otra nota. Véase más información en la página 205.

NOTA. – Es recomendable el utilizar los valores del cuadro, principalmente a partir de A/B ≧ 2.

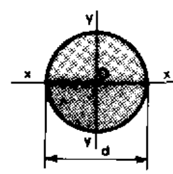
Momentos de inercia polar	MÓDULOS DE TORSIÓN Y MÓDULOS RESISTENTES DE LA TORSIÓN	TABLA 5 . 4

Sección del cuerpo	*Módulos de torsión*	*Módulos resistentes de la torsión*
	**Círculo** $\mathbf{I}_t = \frac{\pi}{32} \cdot D^4$ $= 0{,}0982 \cdot D^4$ Lugar peligroso, la periferia	$W_T = \frac{\pi}{16} \cdot D^3$ $\approx 0{,}1963 \cdot D^3$
	**Corona circular** $\mathbf{I}_T = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4)$ $= 0{,}0982 \cdot (D^4 - d^4)$ Lugar peligroso, la periferia	$W_T = \frac{\pi}{16} \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right)$ $= 0{,}1963 \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}$ 
	**Elipse** $\mathbf{I}_T = \frac{\pi}{16} \frac{A^3 B^3}{A^2 + B^2}$ $(A > B)$ Lugar peligroso, los puntos P	$W_T = \frac{\pi}{16} AB^2$ $= 0{,}1963 \cdot AB^2$
	**Corona elíptica** $A{:}B = a{:}b = n > 1$ $\mathbf{I}_T = \frac{\pi}{16} \frac{n^3(B^4 - b^4)}{n^2 + 1}$ Lugar peligroso, los puntos P	$W_T = \frac{\pi n}{16} \frac{B^4 - b^4}{b}$
	**Cuadrado** $\mathbf{I}_T = \frac{1}{6} B^4 = 0{,}1667 \cdot B^4$ $(A{:}B = 1)$ Lugar peligroso, los puntos P	 $W_T = 0{,}208 \cdot B^3$
	**Rectángulo** $\mathbf{I}_T = \frac{1}{3{,}6} \frac{A^3 B^3}{A^2 + B^2}$ $A : B \gtreqless 2$ Lugar peligroso, los puntos P	$W_T = 0{,}222 \cdot AB^2$ (Otros valores de $\mathbf{I}_T$ y W_T, en la página anterior).
	**Exágono** $\mathbf{I}_T = \frac{5\sqrt{3}}{8} B^4 = 1{,}0825\, B^4$ $= 0{,}12 \cdot H^4$ Lugar peligroso, los puntos P	$W_T = 0{,}917 \cdot B^3$ $= 0{,}1765 \cdot H^3$

Momentos de inercia polar	MÓDULOS DE TORSIÓN Y MÓDULOS RESISTENTES DE LA TORSIÓN DE SECCIONES CIRCULARES	TABLA 6 . 4

Módulo de torsión, $I_T = \frac{\pi d^4}{32}$

Módulo resistente de la torsión, $W_T = \frac{\pi d^3}{16}$



Resistencia a la fatiga por torsión

$\tau = \frac{M_t}{W_T}$

d *cm*	I_T cm^4	W_T cm^3	*d* *cm*	I_T cm^4	W_T cm^3	*d* *cm*	I_T cm^4	W_T cm^3
1	0,0982	0,1963	23,5	29941,3	2548,20	66	1862840	56449,7
1,5	0,4970	0,6627	24	32572,0	2714,34	67	1978332	59054,7
2	1,5708	1,5708	24,5	35372,4	2887,54	68	2099112	61738,6
2,5	3,8350	3,0680	25	38349,5	3067,96	69	2225339	64502,6
3	7,9522	5,3014	25,5	41510,7	3255,75	70	2357176	67347,9
3,5	14,7324	8,4185	26	44863,5	3451,04	71	2494786	70275,7
4	25,1327	12,566	27	52174,1	3864,75	72	2638335	73287,1
4,5	40,2578	17,892	28	60343,7	4310,27	73	2787991	76383,3
5	61,3592	24,544	29	69437,1	4788,77	74	2943925	79565,5
5,5	89,8361	32,668	30	79521,6	5301,44	75	3106311	82835,0
6	127,235	42,412	31	90666,5	5849,45	76	3275324	86192,7
6,5	175,248	53,922	32	102944	6433,98	77	3451142	89640,0
7	235,718	67,348	33	116428	7056,21	78	3633945	93178,1
7,5	310,631	82,835	34	131194	7717,32	79	3823915	96808,0
8	402,123	100,531	35	147324	8418,49	80	4021239	100531
8,5	512,478	120,583	36	164986	9160,88	81	4226102	104348
9	644,125	143,139	37	183995	9945,69	82	4438695	108261
9,5	799,640	168,345	38	204708	10774,1	83	4659210	112270
10	981,748	196,350	39	227122	11647,3	84	4887840	116377
10,5	1193,32	227,299	40	251327	12566,4	85	5124780	120583
11	1437,38	261,341	41	277418	13532,6	86	5370240	124889
11,5	1717,08	298,623	42	305490	14547,1	87	5624410	129297
12	2035,75	339,292	43	335640	15611,2	88	5887490	133807
12,5	2396,84	383,495	44	367968	16725,8	89	6159710	138420
13	2803,97	431,380	45	402578	17892,4	90	6441250	143139
13,5	3260,88	483,094	46	439573	19111,9	91	6732330	147963
14	3771,48	538,783	47	479062	20385,6	92	7033170	152895
14,5	4339,82	598,596	48	521153	21714,7	93	7343980	157935
15	4970,10	662,680	49	565958	23100,3	94	7664980	163085
15,5	5666,65	731,181	50	613592	24543,7	95	7996400	168345
16	6433,98	804,248	51	664172	26046,0	96	8338440	173718
16,5	7276,72	882,027	52	717816	27608,3	97	8691340	179203
17	8199,66	964,665	53	774646	29231,9	98	9055330	184803
17,5	9207,72	1052,31	54	834785	30918,0	99	9430630	190518
18	10306,0	1145,11	55	898360	32667,7	100	9817480	196350
18,5	11499,7	1243,21	56	965499	34482,1			
19	12794,2	1346,76	57	1036333	36362,6			
19,5	14195,1	1465,91	58	1110994	38310,2			
20	15708,0	1570,80	59	1189619	40326,1			
20,5	17338,7	1691,58	60	1272345	42411,5			
21	19093,1	1818,39	61	1359312	44567,6			
21,5	20977,5	1951,40	62	1450663	46795,6			
22	22998,0	2090,73	63	1546543	49096,6			
22,5	25161,1	2236,54	64	1647099	51471,9			
23	27473,3	2388,98	65	1752481	53922,5			

Nota. — Los valores de I_T y W_T para diámetros comprendidos entre 100 y 1000 cm, variando de 5 en 5 cm entre 100 y 260 cm, y de 10 en 10 cm entre 260 y 1000 cm, corresponden a los que figuran en la Tabla para valores 10 veces menores, multiplicados por 10000 y 1000, respectivamente.

Ejemplo 1.° — Valores de I_T y W_T para un redondo de 7,5 cm ∅.
Directamente en la Tabla, $I_T = 310{,}631$ cm⁴; $W_T = 82{,}835$ cm³.

Ejemplo 2.° — Valores de I_T y W_T para un redondo de 115 cm ∅.
$I_T = 1717{,}08 \times 10000 = 17170800$ cm⁴; $W_T = 298{,}623 \times 1000 = 298623$ cm³.

PALANCA

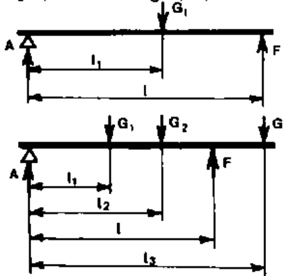
Palanca

Palanca es un cuerpo rígido apoyado en un punto, y sometido a la acción de fuerza o cargas que tienden a hacerlo girar alrededor del punto de apoyo o a mantenerlo en equilibrio, cuando la suma algebraica de los momentos estáticos de las fuerzas o cargas son superiores o iguales a cero, respectivamente.

Disposición de las palancas:

a) Palanca apoyada en un extremo con carga o cargas intermedias.

G_1, G_2..., Peso o cargas; F, fuerza equilibrante; A, presión o reacción del apoyo.



$$G_1 l_1 = Fl \; ; \; F = \frac{G_1 l_1}{l}$$

$$A = G_1 - F$$

$$G_1 l_1 + G_2 l_2 + G_3 l_3 = Fl \; ; \; F = \frac{G_1 l_1 + G_2 l_2 + G_3 l_3}{l}$$

$$A = G_1 + G_2 + G_3 - F$$

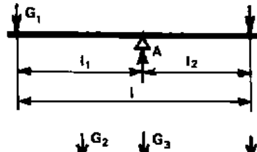
Ejemplo 1.° – Fuerza equilibrante y reacción de apoyo, para $G_1 = 2{,}7$ t, $l_1 = 3{,}0$ m y $l = 5{,}0$ m.

$$F = \frac{2{,}7 \times 3{,}0}{5{,}0} = 1{,}62 \text{ t}; \quad A = 2{,}7 - 1{,}62 = 1{,}08 \text{ t}.$$

Ejemplo 2.° – $G_1 = 4{,}2$ t, $l_1 = 2{,}0$ m; $G_2 = 4{,}5$ t, $l_2 = 3{,}0$ m; $G_3 = 1{,}8$ t, $l_3 = 8{,}0$ m; $l = 6$ m

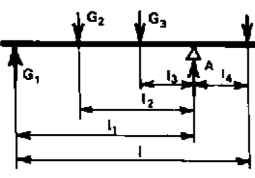
$$F = \frac{4{,}2 \times 2{,}0 + 4{,}5 \times 3{,}0 + 1{,}8 \times 8{,}0}{6{,}0} = 6{,}05 \text{ t.}; \quad A = 4{,}2 + 4{,}5 + 1{,}8 - 6{,}05 = 4{,}45 \text{ t.}$$

b) Palanca apoyada en un punto intermedio, con cargas a uno y otro lado del apoyo.



$$G_1 l_1 = F l_2 \; ; \; F = \frac{G_1 l_1}{l_2}$$

$$A = G + P$$



$$-G_1 l_1 + G_2 l_2 + G_3 l_3 = F l_4$$

$$A = -G_1 + G_2 + G_3 + F$$

Ejemplo 1.° – Fuerza equilibrante y reacción de apoyo, para $G_1 = 1{,}08$ t, $l_1 = 3{,}0$ m; $l_2 = 2{,}0$ m.

$$F = \frac{1{,}08 \times 3{,}0}{2{,}0} = 1{,}62 \text{ t}; \; A = 1{,}08 + 1{,}62 = 2{,}7 \text{ t.}$$

Ejemplo 2.° – $G_1 = -4{,}45$ t, $l_1 = 6{,}0$ m; $G_2 = 4{,}2$ t, $l_2 = 4{,}0$ m; $G_3 = 4{,}5$ t, $l_3 = 3{,}0$ m; $l_4 = 2{,}0$ m.

$$F = \frac{-4{,}45 \times 6{,}0 + 4{,}2 \times 4{,}0 + 4{,}5 \times 3{,}0}{2} = 1{,}8 \text{ t.}$$

$$A = -4{,}45 + 4{,}2 + 4{,}5 + 1{,}8 = 6{,}05 \text{ t.}$$

Máquinas simples	ROZAMIENTO DE MATERIALES

Rozamiento

Rozamiento (fricción), es la resistencia que se opone al movimiento existente o que se ha de producir; actúa según las superficies en contacto. En el primer caso, el rozamiento es dinámico, pudiendo ser por resbalamiento o rodadura; en el segundo caso, es estático.

La resistencia al rozamiento es proporcional a la presión normal entre las superficies en contacto.

$$F = N\mu$$

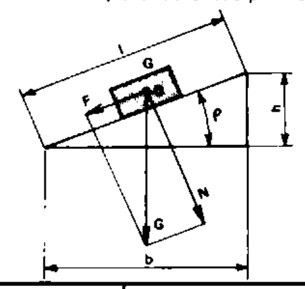
siendo:

- F La fuerza para superar la resistencia al rozamiento.
- N La presión normal entre las superficies en contacto.
- μ El coeficiente de rozamiento (Tabla 7.4).

Generalmente, se considera que el rozamiento por resbalamiento es independiente del valor de las superficies en contacto, y el de rodadura independiente de la velocidad, aunque también están influenciados por el tipo del lubricante, temperatura, velocidad y presión superficial; en todo caso, es mayor el rozamiento estático que el dinámico.

Angulo de rozamiento

El ángulo de rozamiento de un cuerpo situado en un plano inclinado, es igual al que forma este plano con la horizontal, cuando el cuerpo inicia el descenso.



$$\operatorname{tg} \varrho = \frac{h}{b}$$

$$\operatorname{sen} \varrho = \frac{h}{l}$$

$$N = G \cos \varrho$$

$$F = N \operatorname{tg} \varrho = \mu N$$

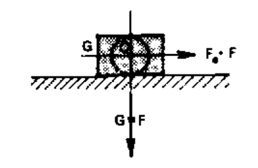
$$\operatorname{tg} \varrho = \mu$$

Autoretención de G, para $\varrho \leq \mu$.

Máquinas simples	COEFICIENTES DE ROZAMIENTO	TABLA 7 . 4

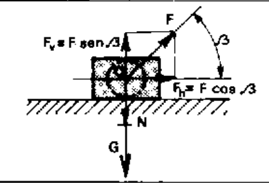
MATERIALES EN ROZAMIENTO	*Estático*		*Dinámico*	
	Seco	*Lubricado*	*Seco*	*Lubricado*
Acero sobre acero	0,15	0,10	0,10	0,09-0,08
Acero sobre fundición de hierro	0,19	0,10	0,18	0,08-0,05
Acero sobre bronce	0,19	0,10	0,18	0,08-0,05
Acero sobre antifricción				0,04
Acero sobre madera dura	0,6-0,5	0,10	0,4	0,08
Acero sobre hielo	0,026		0,015	
Fundición sobre fundición (hierro)	0,20	0,16	0,14	0,10
Fundición sobre bronce	0,20	0,16	0,18	0,08
Fundición sobre madera dura	0,6	0,10	0,5	0,10
Bronce sobre bronce	0,20	0,11	0,19	0,06
Revestimiento de freno sobre acero	0,4		0,1	
Correa de cuero sobre fundición	0,4		0,3	
Correa de cuero sobre madera	0,5		0,4	
Neumáticos sobre calzada (hormigonada, asfaltada)	0,75—0,65			
Neumáticos sobre calzada empedrada (seca)	0,6			
Neumáticos sobre calzada mojada	0,3—0,1			
Cojinetes de máquinas (rodaduras)		0,1	0,06—0,03	
Rodamientos de bolas y de rodillos			0,003—0,001	

ROZAMIENTO SOBRE PLANOS HORIZONTAL E INCLINADO



Plano horizontal.—Fuerza F horizontal

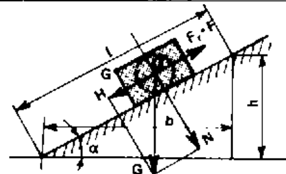
Coeficiente de rozamiento, μ
Carga o peso, G
Presión normal, N (= G)
Fuerza estática, $F_e = \mu_e \cdot G$
Fuerza dinámica, $F_d = \mu_d \cdot G$



Plano horizontal.—Fuerza F oblicua (ascendente)

$F_v = F \operatorname{sen} \beta$; $F_h = F \cos \beta$
Presión normal, $N = G - F_v$
Fuerza de arrastre:

$$F = \frac{\mu \cdot G}{\cos \beta + \mu \operatorname{sen} \beta}$$



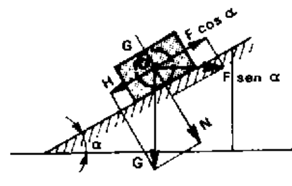
Plano inclinado.—Fuerza F paralela al plano

Presión normal, $N = G \cos \alpha$
Fuerza de resbalamiento, $H = G \operatorname{sen} \alpha$
Fuerza para evitar el resbalamiento:

$$F_r = G (\operatorname{sen} \alpha - \mu \cos \alpha)$$

Fuerza de arrastre:

$$F = G (\operatorname{sen} \alpha + \mu \cos \alpha)$$



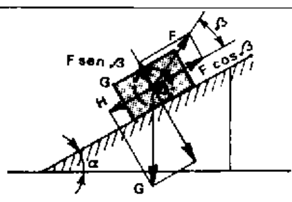
Plano inclinado.—Fuerza F horizontal

Presión normal, $N = G \cos \alpha$
Fuerza de resbalamiento, $H = G \operatorname{sen} \alpha$
Fuerza para evitar el resbalamiento:

$$F_r = G \frac{\operatorname{tg}\alpha - \mu}{1 + \mu \operatorname{tg} \alpha}$$

Fuerza de arrastre:

$$F = G \frac{\operatorname{tg}\alpha + \mu}{1 - \mu \operatorname{tg} \alpha}$$



Plano inclinado.—Fuerza F ascendente

Presión normal, $N = G \cos \alpha$
Fuerza de resbalamiento, $H = G \operatorname{sen} \alpha$.
Fuerza para evitar el resbalamiento:

$$F_r = G \frac{\operatorname{sen} \alpha - \mu \cos \alpha}{\cos \beta - \mu \operatorname{sen} \beta}$$

Fuerza de arrastre:

$$F = G \frac{\operatorname{sen} \alpha + \mu \cos \alpha}{\cos \beta + \mu \operatorname{sen} \beta}$$

Ejemplo 1.°—Arrastre de un bloque de acero de 500 kg sobre una placa horizontal, lubricada, de hierro fundido. $\mu_e = 0{,}10$; $\mu_d = 0{,}08$.

Fuerza para vencer la inercia, $F_e = 0{,}10 \times 500 = 50{,}0$ kg.

Fuerza para arrastrar al bloque, $F_d = 0{,}08 \times 500 = 40{,}0$ kg.

Ejemplo 2.°—Arrastre del bloque anterior si la placa se inclina 5°.

sen 5° = 0,08716; cos 5° = 0,99619.

Fuerza para evitar el resbalamiento, $F_r = 500 \times (0{,}08716 - 0{,}10 \times 0{,}99619) = -6{,}23$, fuerza negativa, que se aplicaría al bloque para que descendiera.

Fuerza para vencer la inercia, $F_e = 500 \times 60{,}08716 + 0{,}10 \times 0{,}99619) = 93{,}4$ kg.

Fuerza para mantener el movimiento, $F_d = 500 \times (0{,}08716 + 0{,}08 \times 0{,}99619) = 83{,}4$ kg.

Ejemplo 3.°—Fuerza horizontal para subir rodando, un rodillo de acero, sobre la placa del ejemplo anterior; $\mu = 0{,}006$

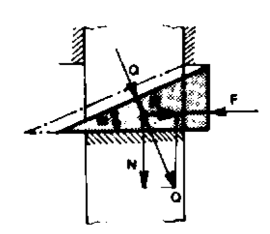
tg 5° = 0,08749

Fuerza para evitar el resbalamiento, $F_r = 500 \times \dfrac{0{,}08749 - 0{,}06}{1 + 0{,}06 \times 0{,}08749} = 13{,}67$ kg.

Fuerza para arrastre, $F_e = 500 \times \dfrac{0{,}08749 + 0{,}006}{1 - 0{,}006 \times 0{,}08749} = 46{,}8$ kg.

CUÑA Y TORNILLO

LA CUÑA



Cuña sencilla

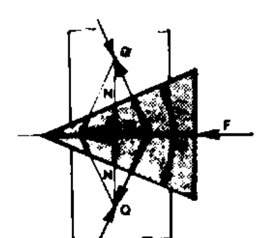
$N = Q \cos\alpha$; $H = Q \operatorname{sen}\alpha$ ($= F$)

$F = Q \operatorname{sen}\alpha - \mu\cos\alpha$ (sin retroceso)

$F' = Q \operatorname{sen}\alpha + \mu\cos\alpha$ (con retroceso)

Rendimiento, $\eta = \dfrac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + 2\varrho)}$

Autorretención, $\alpha \leqq 2\varrho$



Cuña doble

$F = 2Q\left(\operatorname{sen}\dfrac{\alpha}{2} - \mu\cos\dfrac{\alpha}{2}\right)$, sin retroceso.

$F' = 2Q\left(\operatorname{sen}\dfrac{\alpha}{2} + \mu\cos\dfrac{\alpha}{2}\right)$, con retroceso.

Rendimiento, $\eta = \dfrac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + 2\varrho)}$

Autorretención, $\alpha \leqq 2\varrho$

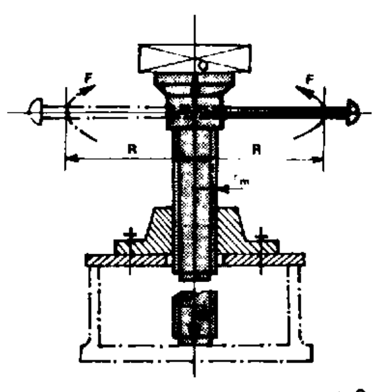
EL TORNILLO

$\operatorname{tg}\varrho = \mu$

Rendimiento del tornillo:

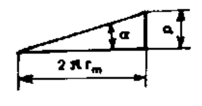
$$\eta = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{\operatorname{tg}(\alpha + \varrho)}$$

Autorretención, $\alpha \leqq \varrho$



Angulo de la rosca:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{p}{2\pi r_m}$$



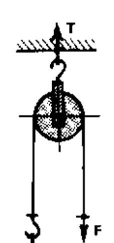
Fuerza para elevar la carga (o presionar), $F = Q \cdot \dfrac{r_m}{R} \cdot \dfrac{p + 2\pi r_m\mu}{2\pi r_m - \mu p}$

Fuerza para evitar el descenso de la carga, $F' = Q \cdot \dfrac{r_m}{R} \cdot \dfrac{p - 2\pi r_m\mu}{2\pi r_m + \mu p}$

Considerando un tornillo de acero que gira, en una tuerca de acero, fundición o bronce, y tomando $\mu = 0{,}18$, el rendimiento, para $\varrho \cong 10°$, será:

Para α = 10°, 20°, 30°, 40°, 50°, 60°, 70°
η = 0,48, 0,63, 0,69, 0,70, 0,69, 0,63, 0,48

SISTEMAS DE POLEAS



Polea fija

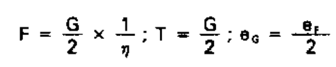
G, carga suspendida; F, fuerza de elevaicón.
T, tracción en la armadura de suspensión.
e_G, espacio recorrido por la carga.
e_F, espacio recorrido por la fuerza.

$$F = G \times \frac{1}{\eta}\,;\; T = G + F = G\left(1 + \frac{1}{\eta}\right)$$

$$e_G = e_F$$

Rendimiento con cable de cáñamo, $\eta = 0{,}8 - 0{,}9$
Rendimiento con cable de acero, $\eta = 0{,}94 - 0{,}96$

Polea móvil

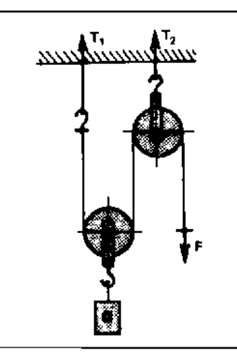


$$F = \frac{G}{2} \times \frac{1}{\eta}\,;\; T = \frac{G}{2}\,;\; e_G = \frac{e_F}{2}$$

Rendimiento con cable de cáñamo, $\eta = 0{,}8 - 0{,}9$
Rendimiento con cable de acero, $\eta = 0{,}94 - 0{,}96$
Ejemplo. — Fuerza necesaria para elevar 1000 kg; polea con cable de acero.

$$F = \frac{1000}{2} \times \frac{1}{0{,}95} = 526{,}3 \text{ kg.}$$

$$1\ e_G = \frac{1}{2}\,e_F\,;\; T = \frac{1000}{2} = 500 \text{ kg.}$$



Polea fija y móvil

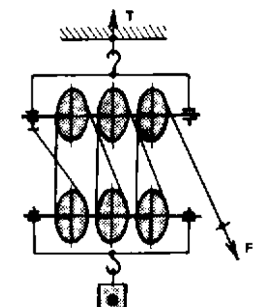
$$F = \frac{G}{2} \times \frac{1}{\eta}\,;\; T_1 = \frac{G}{2}\,;\; T_2 = \frac{G}{2} + F = \frac{G}{2}\left(1 + \frac{1}{\eta}\right)$$

$$e_G = \frac{e_F}{2}$$

Rendimiento con cable de cáñamo, $\eta = 0{,}64 - 0{,}81$
Rendimiento con cable de acero, $\eta = 0{,}88 - 0{,}92$
Ejemplo. — Fuerza necesaria para elevar 1.000 kg.; polea con cable de acero.

$$F = \frac{1000}{2} \times \frac{1}{0{,}90} = 555{,}6 \text{ kg; } e_G = \frac{e_F}{2}$$

$$T_1 = \frac{1000}{2} = 500 \text{ kg; } T_2 = \frac{1000}{2} \times \left(1 + \frac{1}{0{,}9}\right) = 1055{,}6 \text{ kg.}$$



Aparejo (polipasto)

$$F = \frac{G}{n} \times \frac{1}{\eta^n}\,;\; T = G + F\left[= G\left(1 + \frac{1}{n} \times \frac{1}{\eta^n}\right)\right]$$

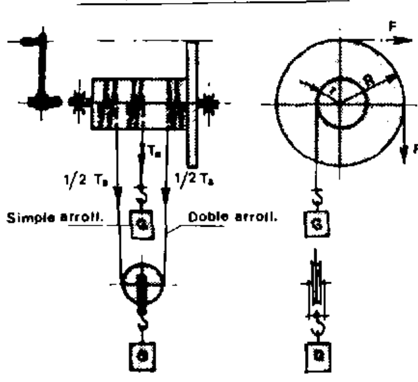
$e_G = \frac{e_F}{n}$; n, número de poleas (6 en la figura).

Rendimiento con cable de cáñamo, $\eta = (0{,}8 - 0{,}9)^n$
Rendimiento con cable de acero, $\eta = (0{,}94 - 0{,}96)^n$
Ejemplo. — Fuerza necesaria para elevar 1000 kg; aparejo de 6 poleas, con cable de acero.

$$F = \frac{1000}{6} \times \frac{1}{0{,}95^6} = 226{,}7 \text{ kg; } e_G = \frac{1}{6}\,e_F$$

$$T = 1000 + 226{,}7 = 1226{,}7 \text{ kg}\left[= 1000\left(1 + \frac{1}{6} \times \frac{1}{0{,}95^6}\right)\right]$$

TORNO Y POLEAS



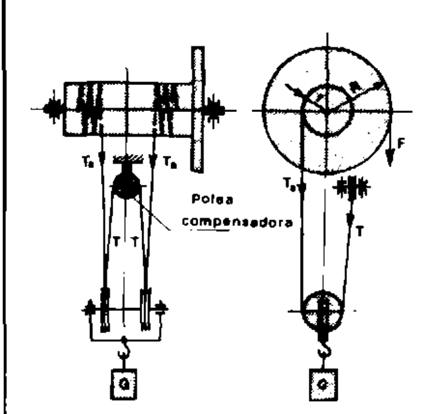
Torno simple

G, carga suspendida; G_p, peso del polipasto.
G_t, carga total suspendida; F, fuerza de elevación.
T, tracción en el cable de arrollamiento.
e_G, espacio recorrido por la carga (elevación).
e_F, espacio recorrido por la fuerza.
Rendimiento del tambor con cable de cáñamo, $\mu = 0{,}8 - 0{,}9$
Rendimiento del tambor con cable de acero, $\mu = 0{,}94 \quad 0{,}96$
(Rendimientos iguales a los de las poleas)

$$F = G_t \cdot \frac{r}{R\mu}\ ;\ e_G = \frac{e_F \cdot r}{R}$$

Ejemplo. – Fuerza para elevar una carga de 500 kg, con cable de cáñamo en tambor de 300 mm ∅, con palanca de 400 mm o rueda de 400 mm de radio.

$$T_a = G_t\ ;\quad F = 500 \times \frac{150}{400 \times 0{,}85} = 220{,}6 \text{ kg}$$



Torno con polea compensadora

Tracción en el cable de arrollamiento, $T_a = \frac{G_t}{4\ \mu}$

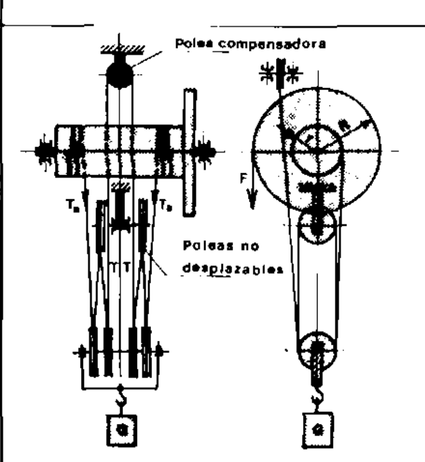
$$F = \frac{G_t r}{2\ R\mu^2}$$

$$e_G = \frac{e_F r}{2\ R}$$

Ejemplo. – Fuerza para elevar una carga de 2500 kg con un torno de 300 mm de diámetro, movido por una rueda de 700 mm de diámetro; peso del polipasto, ≈ 100 kg. Cable de acero.

Tracción en cable, $T_a = \frac{2600}{4 \times 0{,}95} = 684{,}2$ kg.

Fuerza de elevación, $F = \frac{2600 \times 150}{2 \times 350 \times 0{,}95^2} = 617{,}3$ kg.



Torno con polea compensadora y poleas giratorias no desplazables

Tracción en el cable de arrollamiento, $T_a = \frac{G_t}{8\ \mu^3}$

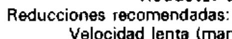
$$F = \frac{G_t r}{4\ R\mu^4}\ ;\ e_G = \frac{e_F \cdot r}{4R}$$

Ejemplo. – Fuerza necesaria para elevar una carga de 5000 kg, con un torno de 400 mm de diámetro, movido por una rueda de 700 mm de diámetro; peso de polipasto, ≈ 140 kg. Cable de acero.

Tracción en el cable, $T_a = \frac{5140}{8 \times 0{,}95^3} = 749{,}4$ kg.

Fuerza de elevación, $F = \frac{5140 \times 200}{4 \times 350 \times 0{,}95^4} = 901{,}5$ kg.

REDUCTORES DE REVOLUCIONES



Reductor simple (1 juego)

Reducciones recomendadas:

- Velocidad lenta (manual o mecánica) . $i \leqq 1/10$
- Pequeña velocidad . . . . $i \leqq 1/7 - 1/6$
- Gran velocidad . . . . $i \leqq 1/5$

Rendimiento de los engranajes:

- Dientes en bruto (fundidos), engrasados. $\eta = 0{,}92 - 0{,}94$
- Dientes fresados, engrasados $\eta = 0{,}95 - 0{,}97$
- Dientes fresados, en baño de aceite . $\eta = 0{,}98 - 0{,}99$

Reducción, $i = \frac{r_1}{R_1}\left(= \frac{d_1}{D_1} = \frac{z_1}{Z_1}\right.$; z, número de dientes$\left.\right)$

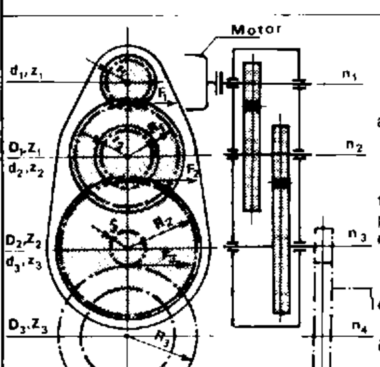
Revoluciones, $n_2 = n_1 \cdot \frac{r_1}{R_1}$

Potencia a transmitir, $F_2 = F_1 \cdot \frac{R_1\,\eta}{r_2}$

Ejemplo. — Número de revoluciones del eje de salida y potencia que transmite un reductor simple, accionado por un motor que gira a 750 r.p.m.; $d_1 = 10$ cm, $d_2 = 250$ cm, $d_3 = 7$ cm. N = 5 CV.

$$n_2 = 750 \times \frac{5}{12{,}5} = 300 \text{ r.p.m.}$$

$$F_1 = \left(\frac{71620 \times N}{r_1 \cdot n_1}\right) = 95{,}5 \text{ kg};\ F_2 = 95{,}5 \times \frac{12{,}5 \times 0{,}98}{3{,}5} = 334{,}3 \text{ kg.}$$



Reductor múltiple (varios juegos de ruedas dentadas)

Reducción, $i = \frac{r_1\, r_2 \ldots r_n}{R_1\, R_2 \ldots R_n}$

Número de revoluciones, $n_n = n_1 \cdot i$

Rendimiento, $\eta_t = 1 \cdot 0{,}98^n$ (engranajes fresados en baños de aceite).

Potencia a transmitir, $F_n = F_1 \frac{1}{i \cdot 0{,}98^n}$

Ejemplo. — Características de un reductor dispuesto entre un motor y la rueda de un torno que eleva 6000 kg a 6,0 m/min. Torno con polea compensadora ($e_G = e_r/2$), de 400 mm⌀ y rueda de 700 mm⌀; presión de los dientes de la rueda 900 kg; motor de 750 r.p.m.

Revoluciones del motor (4% resbalamiento), $n_m = 750 \times (1 - 0{,}04) = 720$

$$e_r = \frac{2 \times 6{,}0 \times 350}{200} = 21 \text{ m/min};\ n_1 = \frac{21}{\pi \cdot 0{,}7} = 9{,}55 \text{ r.p.m.}$$

$i = \frac{9{,}55}{720} = \frac{1}{75{,}4}$; 3 reducciones de 1/3, 1/4,2, 1/6 = 1/75,6, disponible el conjunto de modo semejante a la figura.

$n_1 = 720$ r.p.m.; $n_2 = 720 \times (1/3) = 240$ r.p.m.; $n_3 = 240 \times (1/4{,}2) = 57{,}14$ r.p.m. $n_4 = 57{,}14 \times (1/6) = 9{,}52$ r.p.m.

$$F_3 = 900 \text{ kg};\ F_2 = \frac{900}{4{,}2 \times 0{,}95 \times 0{,}98} = 230{,}2 \text{ kg};\ F_1 = \frac{230{,}2}{3 \times 0{,}98} = 78{,}3 \text{ kg};\ N = \frac{6000 \times 6{,}0}{60 \times 75 \times 0{,}95 \times 98^2} =$$

= 8,77 CV, potencia neta.

Reductor de tornillo sin fin

Reducción, $i = \frac{z_1}{z_2}$; z_1, número de entradas del tornillo. z_2, número de dientes de la rueda.

Se recomienda $z_1 = \dfrac{7 + 12\sqrt{\frac{c}{25{,}4}}}{i}$; $z_2 \geqq 12$

Rendimiento:

- Sin fin de 1 entrada (filete), $\eta = 0{,}5 - 0{,}6$
- Sin fin de 2 entradas $\eta = 0{,}7 - 0{,}8$
- Sin fin de 3 entradas $\eta = 0{,}8 - 0{,}85$

Ejemplo. — Mecanismo de tornillo sin fin de dos entradas y rueda de 24 dientes; Motor de 750 r.p.m.

Revoluciones del motor para 4% de resbalamiento, $n_m = 750 \times (1 - 0{,}04)$ 720 r.p.m.

$$i = \frac{2}{24} = \frac{1}{12};\ n_2 = 720 \times \frac{1}{12} = 60 \text{ r.p.m.}$$

Rendimiento $\eta = 0{,}75$

ACCIONAMIENTO DE LOS TORNOS DE ELEVACION

Velocidades de elevación

La velocidad V en tornos para elevación de cargas G se considera variable en máquinas (grúas) para montaje o de servicio en talleres de industria general (no pesada), según se expone el cuadro que sigue:

Carga elevar Q, tons.	*Grúa de montaje V, m/min.*	*Grúa de taller v, m/min*
3	6,3	16
5	6,3	16
8	5	12,5
10	4	10
12,5	5	12,5
16	4	10
20	3,2	12,5

Aplicación

Mecanismo de accionamiento del torno de una grúa de montaje, que ha de elevar una carga G de 5000 kg a 6 m/min. El torno es de polea compensadora (como el segundo de la página anterior), siendo 400 mm el diámetro del tambor y de 700 mm el diámetro de la rueda para su accionamiento.

Número de revoluciones del tambor:

$$n_1 = \frac{6 \times 2}{\pi \times 0,4} = 9,5 \text{ r.p.m.}$$

El mecanismo de accionamiento se compondrá de un motor eléctrico de 750 r.p.m. (nominales), que se aplica a un reductor, y en el eje de salida de éste se montará el piñón de ataque a la rueda del tambor.

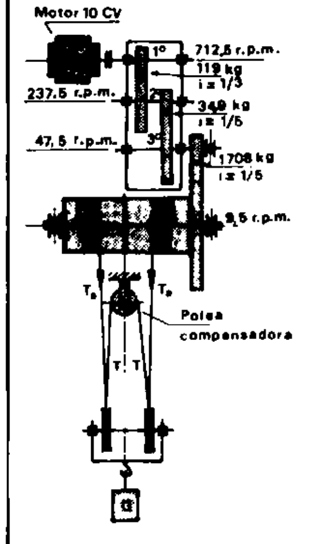
Velocidad efectiva del motor por resbalamiento (Tabla 17.5):

$$V_m = 750 \times 0,95 = 712,5 \text{ r.p.m. (5\% resbalamiento)}$$

Reducción total.

$$i_t = 1: \frac{712,5}{9,5} = \frac{1}{75}$$

La reducción del engranaje del tambor se hace $i_3 = \frac{1}{5}$; la del reductor, $i_r = \frac{1}{75} : \frac{1}{5} = \frac{1}{15}$, adoptando doble reducción, la primera (motor) $i_1 = \frac{1}{3}$ y la segunda $i_2 = \frac{1}{5} \left(= \frac{1}{15} \right)$



Número de revoluciones en los ejes (árboles) y fuerzas en los dientes.

Se estima en 125 kg. el peso del polipasto.

Eje del tambor, $n_4 = 9,5$ r.p.m.

Tracción en el cable de arrollamiento, $T_e = \frac{5125}{4 \times 0,95} = 1349$ kg.

Fuerza de elevación, $F = \frac{5125 \times 200}{2 \times 350 \times 0,95^2} = 1622,5$ kg.

Presión en los dientes del engranaje, $F_3 = \frac{1622,5}{0,95} = 1708$ kg.

Revoluciones del eje 3.°, $n_3 = 9,5 \times 5 = 47,5$ r.p.m.

Presión en los dientes del engranaje, $F_2 = \frac{1708}{5 \times 0,98}$ 349 kg (en baño de aceite).

Revoluciones del eje 2.°, $n_2 = 47,5 \times 5 = 237,5$ r.p.m.

Presión en los dientes del engranaje, $F_1 = \frac{349}{3 \times 0,98} = 119$ kg.

Con los valores obtenidos se calcularán los árboles (como en la pág. 144), y los dientes de los engranajes

Potencia del motor:

Potencia útil, $P_u = \frac{5125 \times 6}{60 \times 75 \times 0,95^2 \times 0,95 \times 0,98^2} = 8,3$ CV.

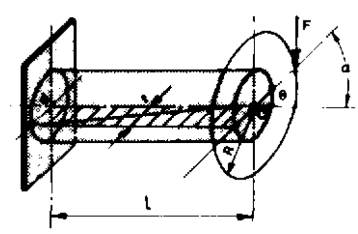
Rendimiento del motor, $\eta = 0,85$ (Tabla 16.5).

Potencia total, $P_a = \frac{8,3}{0,85} = 9,76 \approx 10$ CV.

Se pedirá motor de 10 CV a 750 revoluciones por minuto (nominales).

TRANSMISIÓN DE FUERZAS POR ROTACIÓN

Deformación de la torsión



Ángulo de torsión, $\theta = \frac{M_t}{G\,I_T}$, radianes por unidad de longitud.

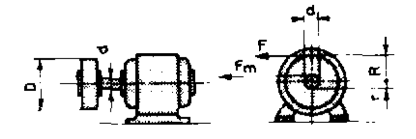
$\alpha = \frac{M_t}{G\,I_T} \cdot \frac{180}{\pi}$, grados sexagesimales por unidad de longitud.

$$\alpha = \frac{M_t}{810000 \times \frac{\pi\,d^4}{32}} \times \frac{180}{\pi} \times 100 = 0{,}07205 \cdot \frac{M_t}{d^4} = \frac{5160}{d^4} \cdot \frac{N}{n}$$, grados para l = 1 m,

siendo:

M_t El momento de torsión, kg cm.
G El módulo de elasticidad tangencial, kg/cm² (810000 kg/cm² para el acero).
I_T El momento de inercia polar, cm⁴ $\left(= \frac{\pi d^4}{32}\right.$ para redondos o árboles.$\left.\right)$

Transmisión de fuerza por rotación (torsión) de árboles



Par motor, $M_m = F_m \cdot r$, kg cm (r, cm).
Par de arrastre, $M = F \cdot R$, kg cm (R, cm).

Velocidad tangencial, $v = \frac{2\pi Rn}{60 \times 100}$, m/seg. (n, revoluciones por minuto).

Potencia a transmitir, $N = \frac{Fv}{75} = \frac{2\pi RnF}{60 \times 75 \times 100} = \frac{RnF}{71620}$, C.V.

Momento de torsión, $M_t = F \cdot R = 71620 \cdot \frac{N}{n}$, kg cm.

Fuerza tangencial, $F = \frac{M_t}{R} = \frac{71620}{R} \cdot \frac{N}{n}$, kg.

Para evitar vibraciones e irregularidades en la transmisión de fuerzas, se hace:

$$\alpha \leqq 1/4° = 0{,}25° \text{ (sexagesimales), para } l = 1 \text{ m.}$$

Ejemplo.—Cálculo del ángulo de torsión de un árbol eje giratorio) de 90 mm ⌀, que por medio de una rueda de 1200 mm ⌀ (próxima al soporte), transmite una fuerza de 300 kg.

Por la proximidad de la rueda al soporte, se considera que el árbol no se flexiona (torsión pura).

$$M_t = 300 \times \frac{120}{2} = 18000 \text{ kg cm.}$$

$$\alpha = 0{,}07205 \times \frac{18000}{9^4} = 0{,}20° \; (< \alpha_{max} = 0{,}25°).$$

CÁLCULO DE ÁRBOLES DE TRANSMISIÓN (TORSIÓN SIN FLEXIÓN)

Cálculo en función de la tensión

Tensión, $\tau = \frac{M_t}{W_t} = \frac{16 \cdot M_t}{\pi d^3} = 5{,}093 \times \frac{M_t}{d^3} = \frac{364760}{d^3} \cdot \frac{N}{n}$, kg/cm².

Potencia a transmitir, $N = \frac{\tau_{ad}\, d^3\, n}{364760}$, C.V.

Diámetro, $d = \sqrt[3]{\frac{5{,}093 \cdot M_t}{\tau}} = 1{,}7205 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_t}{\tau}} = 71{,}45 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{\tau\, n}}$, cm

Para $\tau_{ad} = 250$ kg/cm², $d = 11{,}34 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$

Para $\tau_{ad} = 500$ kg/cm², $d = 9{,}0 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$

Para $\tau_{ad} = 750$ kg/cm², $d = 7{,}86 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$

Cálculo en función de la deformación

$$\alpha_{máx} \leqq 1/4° \leqq 0{,}25°, \text{ para } l = 1{,}0 \text{ m}.$$

$$0{,}25° = 0{,}07205 \times \frac{M_t}{d^4} = 0{,}07205 \times \frac{71620}{d^4} \times \frac{N}{n} = \frac{5160}{d^4} \times \frac{N}{n}.$$

$$d^4 = \frac{0{,}07205}{0{,}25} \cdot M_t = 0{,}2882\, M_t = \left(\frac{5160}{0{,}25} \times \frac{N}{n} = \right) 20640 \times \frac{N}{n}.$$

Diámetro, $d = 0{,}7327 \cdot \sqrt[4]{M_t} = 11{,}986 \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{n}} = 12 \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{n}}$.

Potencia a transmitir, $N = \frac{d^4 n}{20640}$, C.V.

Nota.—Para $\frac{N}{n} \gtreqless 2$, los diámetros obtenidos según $d = 11{,}34 \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$, son superiores a los que se obtienen según $d = 12 \cdot \sqrt[4]{\frac{N}{n}}$, resultando también $\alpha < 0{,}25°$ por metro de longitud.

Ejemplos. 1.° Cálculo de un árbol que ha de transmitir 75 CV a 300 r.p.m.; $\tau_{ad} = 250$ kg/cm².

a) Sin considerar el ángulo de torsión.

$d = 11{,}34 \times \sqrt[3]{\frac{75}{300}} = 7{,}14$ cm; $\tau = \frac{364760}{7{,}14^3} \times \frac{75}{300} = 250{,}5$ kg/cm².

$(\alpha = \frac{5160}{7{,}14^4} \times \frac{75}{300} = 0{,}50°$ por m).

b) Para $\alpha \leq 0{,}25°$.

$d = 12 \times \sqrt[4]{\frac{75}{300}} = 8{,}49$ cm; $\tau = \frac{364760}{8{,}49^3} \times \frac{75}{300} = 149$ kg/cm².

$(\alpha = \frac{5160}{8{,}49^4} \times \frac{75}{300} = 0{,}248°)$

En ambos casos se tomará árbol de 90 mm (diámetro normalizado para soporte).

2.° Potencia que puede transmitir un árbol de 90 mm ⌀, girando a 300 r.p.m.

$N = \frac{9^4 \times 300}{20640} = 95{,}4$ CV; $\tau = \frac{364760}{9^3} \times \frac{95{,}4}{300} = 159{,}1$ kg/cm².

$(\alpha = \frac{5160}{9^4} \times \frac{95{,}4}{300} = 0{,}25°)$

3.° Diámetro de un árbol que ha de transmitir 200 CV a 100 r.p.m.

a) Sin considerar el ángulo de torsión.

$d = 11{,}34 \times \sqrt[3]{\frac{200}{100}} = 14{,}29$ cm; $\alpha = \frac{5160}{14{,}29^4} \times \frac{200}{100} = 0{,}247°$.

b) Para $\alpha \leq 0{,}25°$

$d = 12 \times \sqrt[4]{\frac{200}{100}} = 14{,}27$ cm; $\alpha = \frac{5160}{14{,}27^4} \times \frac{200}{100} = 0{,}249°$.

Corresponde mayor diámetro al primer cálculo por ser $\frac{N}{n} = 2$.

Nota.—En la Tabla 8.4 se exponen potencias a transmitir por árboles de acero normalizados, para n r.p.m.

Potencia N en CV, a transmitir por árboles de acero de diámetros normalizados, en función del número n, de revoluciones por minuto

N	n Revoluciones por minuto																				
CV.	50	60	70	80	100	125	150	175	200	225	250	300	350	400	450	500	600	700	800	900	1000
2	55	55	50	50	45	45	45	40	40	40	40	35	35	35	35	30	30	30	30	30	30
5	70	65	65	60	60	55	55	50	50	50	45	45	45	40	40	40	40	35	35	35	35
8	80	75	70	70	65	60	60	55	55	55	50	50	50	45	45	45	40	40	40	40	35
10	80	80	75	75	70	65	65	60	60	55	55	55	50	50	50	45	45	45	40	40	40
12	85	80	80	75	70	70	65	65	60	60	60	55	55	50	50	45	45	45	45	40	40
15	90	85	85	80	75	70	70	65	65	65	60	60	55	55	55	50	50	50	45	45	45
18	100	90	85	85	80	75	70	70	70	65	65	60	60	55	55	55	50	50	50	45	45
20	100	100	90	85	80	80	75	70	70	65	65	65	60	60	55	55	50	50	50	50	45
25	100	100	100	90	85	80	80	75	75	70	70	65	65	60	60	60	55	55	50	50	50
30	110	100	100	100	90	85	80	80	75	75	70	70	65	65	65	60	60	55	55	55	50
35	110	110	100	100	100	90	85	80	80	75	75	70	70	65	65	65	60	60	55	55	55
40	120	110	110	100	100	90	90	85	80	80	80	75	70	70	65	65	65	60	60	55	55
50	120	120	110	110	100	100	100	90	85	85	80	80	75	75	70	70	65	65	60	60	60
60	125	120	120	120	110	100	100	100	90	90	85	80	80	75	75	70	70	65	65	65	60
70	130	125	120	120	110	110	100	100	100	90	90	85	80	80	75	75	70	70	65	65	65
80	140	130	125	120	120	110	110	100	100	100	90	90	85	80	80	80	75	70	70	65	65
90	140	140	130	125	120	110	110	110	100	100	100	90	85	85	80	80	75	75	70	70	65
100	150	140	140	130	120	120	110	110	100	100	100	100	90	85	85	80	80	75	75	70	70
110	150	140	140	130	125	120	120	110	110	100	100	100	90	90	85	85	80	75	75	70	70
125	160	150	140	140	130	120	120	110	110	110	100	100	90	90	90	85	85	80	75	75	75
150	180	160	150	140	140	125	120	120	120	110	110	100	100	100	100	90	85	85	80	80	75
175	180	180	160	150	140	130	125	120	120	120	110	110	100	100	100	100	90	85	85	80	80
200	180	180	160	160	150	140	130	125	120	120	120	110	110	100	100	100	100	90	85	85	80
225	200	180	180	160	150	140	140	130	125	120	120	120	110	110	100	100	100	90	90	85	85
250	200	200	180	180	160	150	140	140	130	125	120	120	110	110	110	100	100	100	90	90	85
275	200	200	180	180	160	150	140	140	130	130	125	120	120	110	110	110	100	100	100	90	90
300	220	200	200	180	180	160	150	140	140	130	125	120	120	120	110	110	100	100	100	100	90
325	220	200	200	180	180	160	150	140	140	140	130	125	120	120	110	110	110	100	100	100	90
350	220	220	200	200	180	160	150	150	140	140	130	125	120	120	120	110	110	100	100	100	100
400	240	220	220	200	180	180	160	150	150	140	140	130	125	120	120	120	110	110	100	100	100
450	240	240	220	220	200	180	180	160	150	150	140	140	130	125	120	120	120	110	110	100	100
500	260	240	220	220	200	180	180	160	160	150	150	140	140	130	125	120	120	110	110	110	100

Nota. — Los diámetros corresponden a valores de $\alpha \leqq 0{,}25°$ por metro y d $\tau \leqq 250$ kg/cm², calculados según d $12\sqrt[4]{\frac{N}{n}}$ los situados sobre la línea escalonada, y por $d = \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$ los situados debajo, por resultar diámetros superiores.

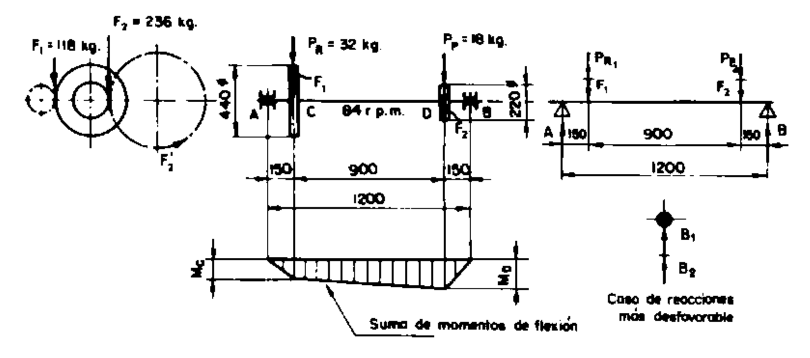
CÁLCULO DE ÁRBOLES DE TRANSMISIÓN (TORSIÓN CON FLEXIÓN)

Disposición de las ruedas de transmisión

Cuando las ruedas unidas a los árboles de transmisión, están alejadas de los soportes, además de las tensiones transversales debidas a la torsión producida por la transmisión de fuerzas como cargas, se producen otras tensiones longitudinales de flexión originadas por las mismas fuerzas o cargas actuando perpendicularmente a los ejes de los árboles, a las que se sumarán el peso de las ruedas respectivas.

La tensión transversal uniforme τ, se compondrá con las longitudes, σ de flexión, para obtener la tensión reducida σ, según hipótesis ya expuestas.

Ejemplo. — Cálculo de un árbol de transmisión de 1200 mm entre soportes, que tiene dispuesta una rueda de 440 mm ⌀ que recibe una fuerza de 118 kg y peso propio de 32 kg, a 150 mm del soporte (interiormente), y otra rueda de 220 mm ⌀ y peso 18 kg, a 150 mm del soporte segundo (también interiormente). El eje gira a 84 r.p.m.; trabajo alternativo de máximo a cero.



Fuerza motriz, $F_1 = 118$ kg; fuerza a transmitir, $F_2 = \dfrac{118 \times 440}{220} = 236$ kg.

Momento de torsión (entre ruedas, C y D), $M_t = 118 \times \dfrac{44}{2} \left(= 236 \times \dfrac{22}{2} \right) = 2596$ kg cm.

$$\text{Reacciones, } R_A = \frac{(118 + 32) \times 105 + (236 + 18) \times 15}{120} = 163 \text{ kg;}$$

$$R_B = \frac{(236 + 18) \times 105 + (118 + 32) \times 15}{120} = 241 \text{ kg.}$$

$M_C = 163 \times 15 = 2245$ kg cm; $M_D = 241 \times 15 = 3615$ kg cm.
Para $\alpha \leqq 0{,}25°$:

$$d = 0{,}7327 \times \sqrt[4]{2596} = 5{,}2 \text{ cm } \varnothing.$$

Tomando árbol de 6 cm de diámetro (normalizado):

$\tau = \dfrac{2596 \times 16}{\pi \times 6^3} = 61$ kg/cm²; $\sigma = \dfrac{3615 \times 32}{\pi \times 6^3} = 170$ kg/cm².

$\sigma_r = \sqrt{170^2 + 1{,}57 \times 61^2} = 186$ kg/cm², ad. < 600 kg/cm² (hipótesis de la invariabilidad de trabajo de cambio de forma).

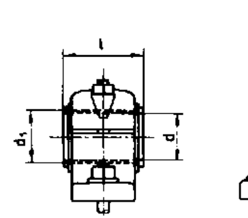
Según la Tabla 9.4 la superficie de asiento del soporte es de $6 \times 9 = 54$ cm².

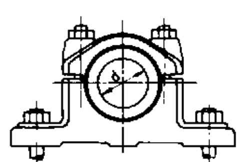
Tensión de aplastamiento, $\sigma_A = \dfrac{241}{54} = 4{,}5$ kg/cm².

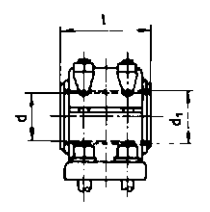
Velocidad tangencial de árbol, $v = \dfrac{\pi \times 6 \times 84}{100} = 15{,}8$ m/min.

La tensión de aplastamiento y la velocidad tangencial del árbol, según la Tabla 10.4, son $\sigma_{máx} = 200$ kg/cm² y $v = 30$ m/min, superiores a las calculadas.

DIMENSIONES DE LOS COJINETES DE BRONCE PARA SOPORTES







Medidas en mm.

Soportes de dos tornillos			Soportes de cuatro tornillos		
d	l	d_1	d	l	d'
25	60	35	*No se fabrican soportes de diámetros inferiores a 75 mm., del tipo de cuatro tornillos*		
30		40			
35	70	45			
40		50			
45	80	57			
50		62			
55	90	68			
60		72			
(65)	100	80			
70		85			
(75)	100	90	(75)	140	90
80		95	80		95
90	120	105	90	160	105
100		115	100	180	115
110		125	110		125
(120)	140	140	(120)	200	140
125		145	125		145
(130)		150	(130)		150
140	160	160	140	220	160
(150)		170	(150)		170
Los diámetros entre paréntesis deben evitarse en lo posible			160	260	180
			180		200
			200	300	225
			220		245

PRESIONES ADMISIBLES SOBRE COJINETES DE SOPORTES

Materiales	Velocidad tangencial m. p. min	Presión kg./cm²	Aplicación	Observaciones
Acero sobre bronce	$\lesssim 30$	$\lesssim 200$	Diversidad de máquinas	Facil de fabricar y bajo costo
Acero sobre hierro fundido	$\lesssim 40$	$\lesssim 35$	Cojinetes y guías sencillas	Fabricación sencilla y bajo costo
Acero sobre acero	$\lesssim 50$	$\lesssim 35$	Guías	Fabricación sencilla; engrase (evitando oxidación)
Acero sobre antifricción dispuesto en cojinetes de fundición o acero	$\lesssim 300$	$\lesssim 70$	Motores y maquinaria	Requieren buena lubricación
Acero sobre plásticos	$\lesssim 130$	$\lesssim 175$	Cojinetes pesados, bombas	Bajo rozamiento; exigen buena lubricación
Acero sobre caucho	Alta velocidad	< 6	Bombas, turbinas, etc.	Resistentes a la abrasión; absorben vibraciones. Gran duración
Acero sobre grafito	Altas velocidades	< 40	Motores eléctricos	No exige engrase
Acero sobre madera	Altas velocidades	Presiones ligeras	Transportadores	Sin engrase baja temperatura

Nota. -- En la página 222 se citan otras presiones admisibles.

SECCIÓN QUINTA
HIDRÁULICA Y ELECTRICIDAD

VASOS COMUNICANTES Y PRESIONES

Vasos comunicantes

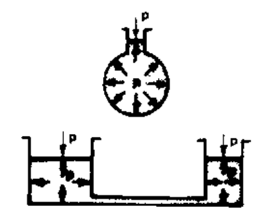


En los líquidos, la fuerza de cohesión molecular es muy pequeña; no tienen forma propia y toman la del recipiente que los contiene, manteniendo su superficie horizontal. Si dos vasos o recipientes de forma y capacidad cualquiera, se enlazan por medio de un tubo y se vierte líquido en uno de ellos, las superficies del líquido de ambos recipientes se hallan en un mismo plano horizontal.



Si en los recipientes se vierten líquidos de distinto peso específico que no se mezclen, el nivel de líquido menos pesado será más elevado, invadiendo el líquido más pesado la parte inferior del recipiente que contiene al más ligero; la presión unitaria a nivel de la línea de separación de los dos líquidos, es la misma.

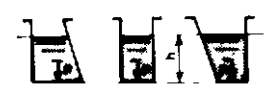
Presión en los líquidos



En todo recipiente o conjunto de recipientes cerrados y comunicados, llenos de un líquido cualquiera, la presión ejercida en un punto se transmite con igual intensidad, por unidad de superficie, en todas direcciones; la presión sobre los cierres de los recipientes es proporcional a las superficies de éstos

$$P_1 = p \cdot A_1;\ P_2 = p \cdot A_2;\ P_2 = \frac{P_1 \cdot A_2}{A_1}$$

Presión sobre el fondo

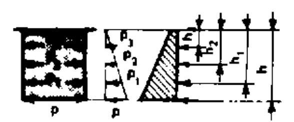


La presión unitaria que un líquido ejerce sobre el fondo del recipiente que lo contiene, es igual al producto de su altura por su peso específico.

$$p = h \cdot \gamma$$

Para el agua, con $\gamma = 1$ g/cm³, una columna de 10 m de altura, ejerce sobre el fondo una presión de 1 kg/cm² (una atmósfera técnica).

Presión sobre las paredes



La presión que un líquido ejerce sobre las paredes del recipiente que lo contiene es proporcional a la altura del líquido y a su peso específico

$$p = h \cdot \gamma;\ p_1 = h_1 \cdot \gamma;\ p_2 = h_2 \cdot \gamma, \dots$$

Ejemplo. — Dos recipientes cilíndricos de 30 cm de altura y 10 y 5 cm de diámetro respectivamente, están enlazados por el fondo mediante un tubo de 1 cm ∅ y 20 cm de longitud. Si se vierte agua en uno de los recipientes hasta que la altura alcanzada en los dos sea de 10 cm, y a continuación se vierte mercurio para que el nivel del agua, pasando toda ella al recipiente de 10 cm ∅, ¿qué cantidad de mercurio se empleará para que el nivel del agua quede a 15 cm del fondo?

Volumen de agua vertida, $V = \frac{\pi \times 10^2}{4} \times 10 + \frac{\pi \times 5^2}{4} \times 10 + \frac{\pi \times 1^2}{4} \times 20 = 997{,}5$ cm³.

El agua vertida, en el cilindro mayor representa $h = \frac{997{,}5 \times 4}{\pi \cdot 10^2} = 12{,}7$ cm de altura.

Altura de mercurio para igualar la presión del agua, $h_m = \frac{p}{\gamma_m} = \frac{12{,}7}{13{,}6} = 0{,}93$ cm.

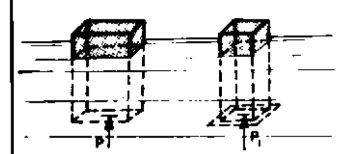
Altura del mercurio hasta el nivel inferior del agua, $h'_m = 15 - 12{,}7 = 2{,}3$ cm.

Volumen de mercurio empleado, $V_m = \frac{\pi \times 10^2}{4} \times 2{,}3 + \frac{\pi \times 5^2}{4} (2{,}3 + 0{,}93) + \frac{\pi \times 1^2}{4} \times 20 =$
$= 259{,}8$ cm³.

Mecánica de líquidos y gases

PRESIÓN ASCENDENTE, VELOCIDAD DE SALIDA Y REACCIÓN DE LOS LÍQUIDOS

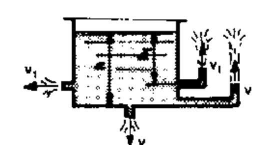
Presión ascendente



Principio de Arquímedes. — Todo cuerpo sumergido en un líquido experimenta un empuje hacia arriba, igual al peso que desaloja. Si el peso específico del cuerpo es inferior al del líquido, aquel flotará sobre éste; si ambos tienen el mismo peso específico, el cuerpo totalmente, sumergido puede quedar a cualquier altura, y si el peso específico del cuerpo es superior al del líquido, el cuerpo sumergido descansará sobre el fondo.

La presión ascendente P puede mantener una tapa en el extremo inferior de un tubo, cuando el peso de la tapa y del tubo sea inferior al del líquido que ambos desalojan.

Velocidad de salida de los líquidos

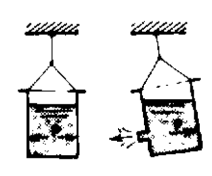


Principio de Torricelli. — La velocidad de salida de un líquido a través de un orificio practicado en el fondo o en las paredes del recipiente que lo contiene, es igual a la que adquiriría cayendo libremente desde la superficie del líquido

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}\ ;\ v_1 = \sqrt{2gh_1}$$

La columna del líquido proyectada hacia arriba al salir del recipiente, alcanzaría el nivel superior de aquel, no teniendo en cuenta las pérdidas de carga.

Reacción de los líquidos



Las presiones opuestas sobre paredes laterales de un recipiente que contiene líquido se hallan en equilibrio, desapareciendo este equilibrio cuando se practica un orificio en una de ellas; la reacción lateral opuesta al orificio, tiende a hacer que el recipiente se mueva en sentido opuesto a la salida del líquido (principio de los reactores hidráulicos).

Ejemplo 1.° — Presión media sobre el muro de una presa, de forma de trapecio invertido, que mide en su coronación a nivel de aguas 60 m, en su base (fondo) 18 m, siendo la altura máxima del agua 24 m.

Superficie del muro, $A = \dfrac{60 + 18}{2} \times 24 = 936\ m^2\ (= 9360000\ cm^2)$

Altura media (c. de g. del muro), $h_m = \dfrac{24}{3} \times \dfrac{60 + 2 \times 18}{60 + 18} = 9{,}85\ m$ (Tabla 2_1 . 4)

Presión total media, $P_m = 9360000 \times \dfrac{9{,}85}{10} \times 1 = 9219600\ kg = 9219{,}6\ t.$

Ejemplo 2.°. — Un tablón de 300 cm de longitud, 24 cm de ancho, y 18 cm de grueso, de madera cuyo peso específico es 0,8, se lanza al agua. ¿Qué parte del tablón quedará sin sumergirse?

Relación de densidades del tablón y del agua, $k = \dfrac{0{,}8}{1} = 0{,}8$

El tablón se sumergirá 0,8 de la dimensión que representa la altura, resultando:

$h_1 = 0{,}8 \times 18 = 14{,}4$ cm sumergido según su grueso (estable)

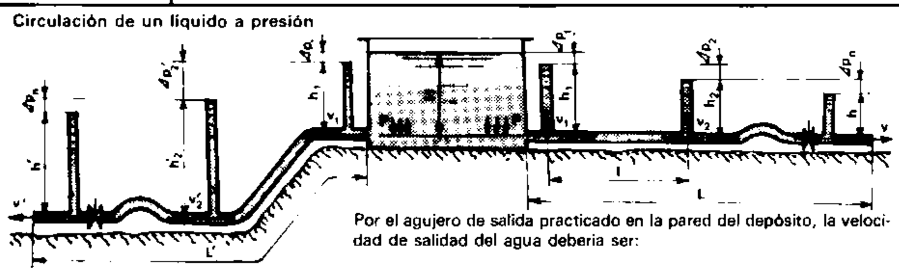
$h_2 = 0{,}8 \times 24 = 19{,}2$ cm sumergido según su ancho (inestable)

$h_3 = 0{,}8 \times 300 = 24{,}0$ cm sumergido según su altura (inestable)

El peso del tablón es de $2{,}4 \times 1{,}8 \times 30 \times 0{,}8 = 103{,}68$ kg. y desaloja $2{,}4 \times 14{,}4 \times 30 = 103{,}68\ dm^3$ de agua, cuyo peso corresponde a 103,68 kg (igual que el del tablón).

CIRCULACIÓN DE LÍQUIDOS A TRAVÉS DE TUBERÍAS

Circulación de un líquido a presión



Por el agujero de salida practicado en la pared del depósito, la velocidad de salidad del agua deberia ser:

$$V = \sqrt{2gH}\text{, m/seg, resultando la altura hidrostática } H = \frac{V^2}{2g}\text{, m.}$$

La presión a la altura del eje del agujero es $P = H \cdot \gamma \left(= \frac{V^2}{2g} \cdot \gamma \right)$, siendo γ el peso especifico.

En su circulación, el liquido encuentra resistencias a la salida del depósito, en su paso por la tubería, en los cambios de dirección (curvas y codos), asi como también encuentra resistencias en el paso a través de elementos auxiliares, como válvulas y contadores.

A la salida del depósito, la velocidad del liquido es v_1 y la altura que alcanza la vena liquida es h_1 con una pérdida de presión $\Delta p = (H - h_1) \cdot \gamma (= v_1^2 \cdot \gamma : 2g)$; después de circular el líquido por un recorrido de l metros, la velocidad es v_2, la altura de la vena liquida es h_2, con una pérdida de presión $\Delta p_2 = (h_1 - h_2) \cdot \gamma (= v_2 \cdot \gamma : 2g)$; finalmente, considerando las pérdidas de presión Δ_m por cambios de dirección y paso a través de elementos auxiliares, la altura de la vena liquida es h, a la que corresponde una velocidad de salida del liquido:

$$v = \sqrt{2gh}\text{, m/seg, siendo } p = \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma\text{, kg/m}^2\text{, la presión estática}$$

Las alturas h_1, h_2 y h son proporcionales entre sí, por lo que se hace:

$$h_1 = \zeta_1 \cdot p\text{, y } h_2 = \zeta \cdot p\text{,}$$

siendo ζ_1 y ζ_2 los coeficientes de pérdida correspondientes.

Pérdidas de presión

a) El coeficiente de resistencia al paso del líquido en los agujeros de salida, depende de la forma de los bordes de estos agujeros, variando desde $\zeta = 0{,}5$ en bordes con aristas vivas a $\zeta = 0{,}05$ en agujeros con toberas debidamente redondeadas; la pérdida de presión es

$$\Delta p_1 = \zeta_1 \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma\text{, kg/m}^2$$

b) La resistencia que se opone a la circulación del líquido por las tuberías por el rozamiento del líquido contra las paredes de éstas, depende del grado de rugosidad de las tuberías; es directamente proporcional a la longitud de las tuberías e inversamente proporcional al diámetro, siendo

$$\Delta p_2 = \zeta_2 \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma\text{, kg/m}^2\text{,}$$

en la que ζ_2 es una función que depende de la rugosidad y del número de Reynolds

$Re = \frac{\gamma\, v\, d}{\eta d} \left(= \frac{vd}{\nu} \right)$, siendo η la viscosidad dinámica del líquido (y ν la viscosidad cinemática; véa-

cinemática; véase Tabla 8.2.)

Para $Re < 2000$ la corriente es laminar, y para $Re > 2300$ la corriente es turbulenta, resultando en este último caso ζ_2 muy influido por la rugosidad de las paredes del tubo. El valor d ζ_2 en función de la rugosidad y del número de Reynolds, se determinará con el gráfico de la Tabla 3.5.

c) Por la disposición de elementos complementarios y auxiliares, tales como cambios de dirección (curvas y codos), también se producen pérdidas de presión, de valor

$$\Delta p_n = \Sigma \zeta_3 \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma\text{, kg/m}^2 \text{ (valores de } \zeta_3 \text{ figuran en la Tabla 1.5)}$$

La presión final será $P - (\Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3) = P - \Sigma \Delta p = p$, y con este valor se calculará la velocidad de salida del liquido a través de la tubería, resultando:

$$h = p : \gamma\text{, m y } v = \sqrt{2gh}\text{, m}$$

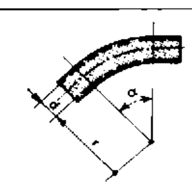
El caudal es $v \cdot A = Q \cdot m^3$, siendo A la sección del tubo (m^2).

Mecánica de líquidos y gases	**COEFICIENTES DE RESISTENCIA HIDRÁULICA**	TABLA 1 . 5

COEFICIENTES k DE RUGOSIDAD

Tubos	*k, mm.*	*Tubos*	*k, mm.*
Tubos de cobre, latón, aluminio (nuevos)	0,002	Tubos galvanizados	0,15
Tubos de fibrocemento	0,1 a 0,2	Tubos embreados	0,025 a 0,05
Tubos roblonados	1 a 10		
Tubos soldados	0,05 a 0,1	Tubos de fundición gris, nuevos	0,025 a 0,05
Tubos estirados (sin soldadura)	0,01 a 0,015	Tubos de fundición gris, usados	0,5 a 1,0

CURVAS UNIFORMES



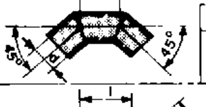
α	*Estado*	*r/d*				
		1	*2*	*4*	*6*	*10*
15°	Lisa, ζ =	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
22,5°	Lisa, ζ =	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
45°	Lisa, ζ =	0,14	0,09	0,08	0,075	0,07
60°	Lisa, ζ =	0,19	0,12	0,10	0,09	0,07
90°	Lisa, ζ =	0,21	0,14	0,11	0,09	0,11
90°	Rugosa, ζ =	0,51	0,30	0,23	0,18	0,20

CAMBIOS DE DIRECCIÓN



Variación, α =	*22,5°*	*30°*	*45°*	*60°*	*90°*
En tubo liso, ζ =	0,07	0,11	0,24	0,47	1,13
En tubo rugoso, ζ =	0,11	0,17	0,32	0,68	1,27

CAMBIO DE DIRECCIÓN DOBLE

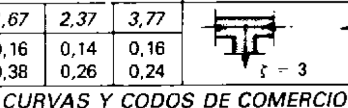


l/d =	*0,71*	*0,943*	*1,174*	*1,42*	*1,86*	*2,56*	*6,28*	*∞*
Liso ζ =	0,51	0,35	0,33	0,28	0,29	0,36	0,40	0,47
Rugoso, ζ =	0,51	0,41	0,38	0,38	0,39	0,43	0,45	0,64

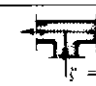
CAMBIO DE DIRECCION DOBLE

l/d =	*1,23*	*1,67*	*2,37*	*3,77*
Liso, ζ =	0,16	0,16	0,14	0,16
Rugoso, ζ =	0,30	0,38	0,26	0,24

TES



ζ = 3



ζ = 1,5

CODOS COMPUESTOS

CURVAS Y CODOS DE COMERCIO

Curva 90° — Codo 90°

d =	*14*	*20*	*25*	*34*	*39*	*49*
Curva, ζ =	1,2	1,1	0,86	0,53	0,42	0,51
Codo, ζ =	1,7	1,7	1,3	1,1	1,0	0,83

DERIVACIONES Y REUNIONES

Esquemas — Derivaciones: $Q_b = Q$ — Q_a | Revisiones: $Q_b = Q$ — Q_a

Q_a/Q	ζ_a	ζ_b	ζ_a	ζ_b	ζ_a	ζ_b	ζ_a	ζ_b
0	0,95	0,04	0,90	0,04	−1,2	0,04	−0,92	0,04
0,2	0,88	−0,08	0,68	−0,06	−0,4	0,17	−0,38	0,17
0,4	0,89	−0,05	0,50	−0,04	0,08	0,30	0,00	0,19
0,6	0,95	0,07	0,38	0,07	0,47	0,41	0,22	0,09
0,8	1,10	0,21	0,35	0,20	0,72	0,51	0,37	−0,17
1,0	1,28	0,35	0,48	0,33	0,91	0,60	0,37	−0,54

VÁLVULAS

Válvula de compuerta. $\zeta = 0 - 0,3$
Válvula de husillo. $\zeta = 1 - 3$
Válvula abombada. $\zeta = 4 - 6$

TOBERAS O EMBOCADURAS

Arista viva	Arista chaflán	Arista redondeada
ζ = 0,50	ζ = 0,25	ζ = 0,06 · 0,01

CIRCULACIÓN DEL AGUA POR REDES LOCALES

Fórmulas para el cálculo

Entre las diversas fórmulas de uso frecuente en la práctica del cálculo de canalizaciones de agua a presión, una de ellas es la debida a FLAMANT, que determina:

Diámetro de la tubería, $d^{5/4} = \frac{v^{7/4}}{\Delta p} \cdot k$, m.

Diferencia de presión (pérdida de carga), $\Delta p = \frac{v^{7/4}}{d^{5/4}} \cdot k$

También diferencia de presión, $\Delta p = \frac{Q^{7/4}}{d^{19/4}} \cdot a$

Caudal..............., $Q = \frac{\Delta p^{4/7} \cdot d^{19/7}}{b}$.

Coeficientes: $a = 1{,}52613 \cdot k$; $b = a^{4/7}$ $k = 920 \cdot 10^{-6}$, se conductores de fundición y otros materiales.

Pérdida de carga unitaria, $\Delta p_u = \lambda \cdot \sqrt{\frac{v^7}{d^5}}$; $\lambda = \begin{cases} 0{,}00092 \text{ para canalizaciones en servicio} \\ 0{,}00072 \text{ para canalizaciones nuevas.} \end{cases}$

En la Tabla 2.5 se exponen valores del gasto Q y diámetro d en función de la pérdida de carga unitaria Δp_u.

Disposiciones de cálculo

a) Por velocidad de circulación

A pleno gasto y sin considerar pérdidas de carga por circulación, se cumplira:

$$P = 1{,}7\ h + B;\ l_1 \leq 5\ h;\ l_2 \leq h,$$

siendo:

- B, la altura sobre el último elemento (10 m para grifos, 14 m para calentadores de agua).
- l_1, la longitud de la conducción a nivel del suelo.
- l_2, la longitud de la conducción de elevación (vertical).

b) Por la pérdida de carga unitaria o de presión.

$\Delta p_u = \frac{h - (h' + h_c)}{1{,}15 \cdot l}$, siendo:

- h, la presión o altura de la columna de agua en la tubería de toma.
- h', la altura a que se debe elevar el agua.
- h_c, la pérdida de altura por efecto del contador de agua.

Este caso considera la pérdida de presión debida a válvulas, codos, etc. en el 15% de la correspondiente al rozamiento del agua contra las paredes de la tubería producida a todo lo largo de la conducción

Velocidades del agua circulando por tuberías

Se considera como velocidad normal:

- v = hasta 3 m/seg, en conducciones a larga distancia.
- v = 1 m/seg, en redes locales.
- v = de 2,5 a 3,5 m/seg, en tuberías a presión de bombas centrífugas.

Pérdidas de carga en contadores

Litros horas =	1080	2160	3600	5400	7200	9000	10800	12600	14400	18000	21600	25200	28800	36000	43200	54000	72000	90000	108000
Litros segundo =	0,3	0,6	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	10	12	15	20	25	30
Diámetro, mm	Pérdidas de carga, metros																		
12	3	12	32																
15	2	5	16	32															
20	1	3	8	18	32														
25		1	4	9	16	24													
30		1	3	6	9	16	25	32											
40			1	2	4	6	9	10	14	22	30								
50					1	2	3	4	5	8	11	15	20	31					
60						1	2	2	3	4	6	8	11	17	25				
80									1	2	3	4	5	8	13	18	30		
100											1	2	2	3	5	7	11	17	25

GASTO Q EN LITROS/SEGUNDO Y DIÁMETRO DE TUBERÍAS EN FUNCIÓN DE LA PÉRDIDA DE CARGA UNITARIA

Diámetro d mm	Pérdida de carga unitaria $\Delta p_n \cdot 10^3$, mm								
	1	2	3	4	5	6	8	10	12
10	0,003	0,005	0,006	0,007	0,008	0,009	0,011	0,011	0,013
12	0,005	0,008	0,009	0,011	0,013	0,014	0,017	0,019	0,021
15	0,009	0,014	0,017	0,020	0,023	0,026	0,030	0,034	0,038
20	0,020	0,030	0,038	0,044	0,051	0,056	0,068	0,075	0,084
25	0,037	0,055	0,069	0,082	0,093	0,103	0,125	0,138	0,153
27	0,046	0,068	0,085	0,100	0,113	0,127	0,149	0,169	0,188
30	0,060	0,090	0,113	0,134	0,151	0,169	0,199	0,226	0,251
33	0,078	0,116	0,146	0,173	0,196	0,218	0,258	0,292	0,325
35	0,092	0,137	0,172	0,203	0,229	0,256	0,302	0,343	0,381
40	0,132	0,197	0,248	0,292	0,332	0,368	0,434	0,494	0,547
50	0,244	0,360	0,457	0,535	0,612	0,675	0,795	0,909	1,003
60	0,397	0,591	0,746	0,878	0,999	1,107	1,304	1,490	1,644
80	0,867	1,290	1,626	1,916	2,181	2,417	2,847	3,235	3,590
100	1,588	2,363	2,979	3,512	3,989	4,427	5,219	5,928	6,579

Gasto Q en litros/segundo

Diámetro d mm	Pérdida de carga unitaria $\Delta p_n \cdot 10^3$, mm								
	15	20	25	30	35	40	45	50	60
10	0,014	0,017	0,019	0,021	0,023	0,025	0,027	0,029	0,032
12	0,023	0,028	0,031	0,035	0,038	0,041	0,044	0,047	0,052
15	0,043	0,051	0,058	0,064	0,070	0,076	0,08	0,086	0,096
20	0,095	0,111	0,127	0,140	0,154	0,166	0,178	0,189	0,209
25	0,174	0,204	0,232	0,257	0,282	0,304	0,325	0,345	0,383
27	0,213	0,251	0,286	0,316	0,346	0,375	0,400	0,424	0,472
30	0,284	0,335	0,381	0,422	0,462	0,499	0,532	0,564	0,628
33	0,368	0,434	0,493	0,547	0,598	0,645	0,688	0,731	0,814
35	0,431	0,509	0,579	0,641	0,702	0,758	0,808	0,857	0,954
40	0,623	0,734	0,834	0,926	1,010	1,089	1,162	1,231	1,371
50	1,148	1,353	1,537	1,707	1,856	1,996	2,129	2,256	2,512
60	1,879	2,214	2,515	2,793	3,046	3,272	3,490	3,703	4,120
80	4,078	4,807	5,490	6,061	6,649	7,144	7,620	8,116	8,895
100	7,474	8,809	10,007	11,106	12,129	13,091	14,002	14,871	16,504

Gasto Q en litros/segundo

Diámetro d mm	Pérdida de carga unitaria $\Delta p_n \cdot 10^3$, mm								
	70	80	90	100	120	140	160	180	200
10	0,035	0,038	0,040	0,043	0,047	0,052	0,056	0,059	0,063
12	0,057	0,061	0,065	0,070	0,077	0,085	0,091	0,098	0,104
15	0,104	0,113	0,121	0,128	0,142	0,155	0,167	0,179	0,191
20	0,228	0,247	0,264	0,280	0,312	0,341	0,367	0,393	0,417
25	0,418	0,452	0,483	0,513	0,570	0,623	0,672	0,719	0,762
27	0,516	0,558	0,598	0,633	0,702	0,767	0,827	0,886	0,940
30	0,686	0,742	0,795	0,842	0,934	1,020	1,104	1,181	1,249
33	0,888	0,959	1,030	1,090	1,210	1,321	1,430	1,530	1,620
35	1,042	1,127	1,208	1,279	1,419	1,549	1,677	1,794	1,900
40	1,498	1,620	1,736	1,837	2,039	2,227	2,410	2,578	2,727
50	2,745	2,969	3,181	3,366	3,736	4,081	4,416	4,711	5,004
60	4,500	4,867	5,217	5,525	6,140	6,694	7,215	7,728	8,207
80	9,825	10,630	11,390	12,060	13,410	14,620	15,750	16,980	17,920
100	18,023	19,453	20,807	22,091	24,525	26,783	28,906	30,919	32,838

Gasto Q en litros/segundo

Ejemplo.— Tubería de 92 m long. para 2 l/seg, con pérdida de 5 m de columna de agua.

Longitud para el cálculo, l_c = 1,15 × 92 = 106 m: pérdida de presión unitaria, $\Delta p^u = \frac{5}{106} = 0{,}047$;

$10^3 \cdot 0{,}047 = 47$ Para $10^3 \cdot \Delta p_u = 45$ (inmediata inferior a 48), Q = 2,129 l/seg con d = 50 mm.

CÁLCULO DE CONDUCCIÓN DE AGUA POR TUBERÍAS

Ejemplo 1.°. Desde un pequeño embalse y mediante una tubería de chapa, embreada, se ha de conducir un caudal de agua de 2 m³ por segundo a un depósito situado a 15 km del embalse y a un nivel de 46,4 m más bajo. Se dispone en la conducción una tobera redondeada a la entrada seguida de una válvula de compuerta para corte del suministro y otra válvula reguladora a la entrada de agua en el depósito; por su trazado, la tubería tendrá dos cambios de dirección a 60°, un codo compuesto y un cambio de dirección en Z. La temperatura del agua es de unos 15° C.

Previo tanteo, se considera tubería de 800 mm ⌀ interior.

Para $t = 15°$ C, $\gamma = 999$ kg/m³ y $10^6\ \eta = 116{,}3$ kg seg/m². (Tabla 9.2)

$$\text{Caudal, } Q = v \cdot A;\ v = \frac{Q}{A} = \frac{2}{\pi \cdot 0{,}8^2 : 4} = 1{,}99 \text{ m}^3\text{/seg} \approx 2{,}0 \text{ m}^3\text{/seg.}$$

La presión dinámica resulta:

$$p = \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma = \frac{2^2 \times 999}{2 \times 9{,}81} = 203{,}7 \text{ kg/m}^2.$$

El número de Reynolds es:

$$Re = \frac{\gamma\ v\ d}{\eta\ g} = \frac{999 \times 2 \times 0{,}8}{10^{-6} \times 116{,}3 \times 9{,}81} = 10^6 \cdot 1{,}4 \ (> 2300, \text{ corriente turbulenta}).$$

El coeficiente de rugosidad (tubo embreado) es $k = 0{,}025$ mm (Tabla 1.5).

La rugosidad relativa es:

$$\frac{k}{d} = \frac{0{,}025}{1000} : 0{,}8 = 10^{-5} \cdot 3{,}13$$

En el gráfico de la Tabla 3.5, para $Re = 10^6 \cdot 1{,}4$ y $k/d = 10^{-5} \cdot 3{,}13$, $\zeta = 0{,}0116$.

La pérdida de presión por rozamiento en la tubería, resulta:

$$\Delta p = \zeta \cdot \frac{l}{d} \cdot p = 0{,}0116 \times \frac{15000}{0{,}8} \times 203{,}7 = 44305 \text{ kg/m}^2.$$

Pérdidas por cambios de dirección y por elementos auxiliares:

Tobera de entrada a la tubería	$\zeta = 0{,}04$
Válvula de compuerta	$\zeta = 0{,}03$
Cambios de dirección de 60° (2 × 0,68)	$\zeta = 1{,}36$
Codo compuesto	$\zeta = 0{,}32$
Cambio de dirección Z	$\zeta = 0{,}26$
Válvula de regulación	$\zeta = 4{,}00$
	$\Sigma\ \zeta = 6{,}01$

$$\Delta p_n = \Sigma\ \zeta \cdot p = 6{,}01 \times 203{,}7 = 1224 \text{ kg/m}^2.$$

Presión máxima, $P_m = 46{,}4 \times 999$	= 46354 kg/m²
Pérdidas de presión, 44305 + 1224 ...	− 45529 kg/m²
Presión de salida del líquido	p = 825 kg/m²

Altura de la columna de agua a la salida del depósito:

$$h = \frac{825}{999} = 0{,}826 \text{ m; velocidad de salida del agua}$$

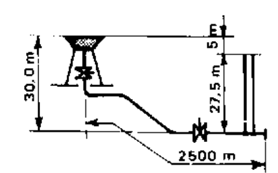
$$v = \sqrt{2 \times 9{,}81 \times 0{,}826} = 4{,}03 \text{ m/seg.}$$

$$\text{Caudal, } Q = v \cdot A = 4{,}03 \times \frac{\pi \times 0{,}8^2}{4} = 2{,}03 \text{ m}^3\text{/seg.}$$

El caudal es sensiblemente igual al propuesto. Si el nivel del agua en el embalse se elevara, para evitar el aumento de caudal, se actuaría sobre la válvula de salida de la tubería.

CÁLCULO DE REDES LOCALES PARA AGUA

Ejemplo 2.°. — De un depósito de agua parte un ramal que ha de suministrar un caudal de 0,15 m^3/seg. a una zona situada a 2500 m del depósito y 30,0 m más baja que el nivel del agua en el depósito; la presión final en la tubería ha de ser suficiente para que el agua puede elevarse mediante tuberías de distinto diámetro a 27,5 m de altura. La tubería será de hierro fundido, disponiendo válvula y codo a la salida del depósito, dos cambios a 30° y válvula de regulación. Temperatura del agua ≈ 10° C.



Previo tanteo se dispone tubería de 350 mm ⌀ (normalizada).

$A = \frac{0{,}35^2 \cdot \pi}{4} = 0{,}096\ m^2;\ v = \frac{Q}{A} = \frac{0{,}15}{0{,}96} = 1{,}56$ m/seg (admisible).

Para t = 10° C, $\gamma = 1000\ kg/m^2$ y $\eta = 10^6 \cdot 133$ (Tabla 9.2).

Presión dinámica, $p = \frac{v^2}{2g} \cdot \gamma = \frac{1{,}56^2 \times 1000}{2 \times 9{,}81} = 124\ kg/m^2$.

Número de Reynolds, $Re = \frac{\gamma d v}{\eta g} = \frac{1000 \times 0{,}35 \times 156}{10^{-5} \cdot 133 \times 9{,}81} = 10^7 \cdot 4{,}18$

$$\text{Rugosidad relativa; } k \approx 8,\ \frac{k}{d} = \frac{0{,}8}{1000} : 0{,}35 = 10^{-3} \cdot 2{,}29$$

En el gráfico de la Tabla 3.5, para $Re = 10^7 \cdot 4{,}18$ y $\frac{k}{d} = 10^{-3} \cdot 2{,}29$, $\zeta = 0{,}0243$

Pérdida de presión por rozamiento, $\Delta p = \zeta \cdot \frac{l}{d} \cdot p = 0{,}0243 \times \frac{2500}{0{,}35} \times 124 = 21523\ kg/m^2$.

Pérdida de presión por elementos o medios auxiliares:

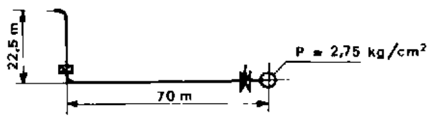
Tobera de salida del depósito	$\zeta = 0{,}25$
Válvula (2×3,0)	$\zeta = 6{,}0$
Codo	$\zeta = 0{,}51$
Cambios de dirección (2×0,17)	$\zeta = 0{,}34$
$\Sigma\ \zeta$	= 7,10

$$\Delta p_n = 7{,}10 \times 124 = 880\ kg/m^2$$

Pérdida total, 21523 + 880 = 22403 kg/m^2 = 2,24 m de columna de agua.
Altura de la columna de agua, h = 30,0 — 2,24 = 27,6 m (ligeramente superior a la dispuesta).

Ejemplo 3.°. — Tubería para elevar agua a 22,5 m de altura, mediante toma en la tubería general de 350 mm ⌀, y 2,75 kg/cm^2 de presión. El caudal a suministrar es de 2 l/seg; se dispone la te de toma (injerto) seguida de válvula, un ramal horizontal de 70 m de longitud, un codo seguido de contador de agua, y el ramal vertical de 22,5 m seguido de grifo o válvula.

Longitud de la tubería, ≈ 70 + 22,5	= 92,5 m.
Considerando el 12%, por medios auxiliares (92,5×0,12)	= 11,1 m.
Longitud de tubería para el cálculo	= 103,6 m.



También:

Te	0,5 m
2 válvulas ≈	6,0 m.
1 contador	2,0 m.
1 codo	1,5 m.
	10,0 m

Se considera l ≈ 104 para el cálculo.

Presión de toma, columna de agua	27,5 m
Altura a elevar o pérdida de presión	22,5 m
Pérdida de presión por circulación	5,0 m

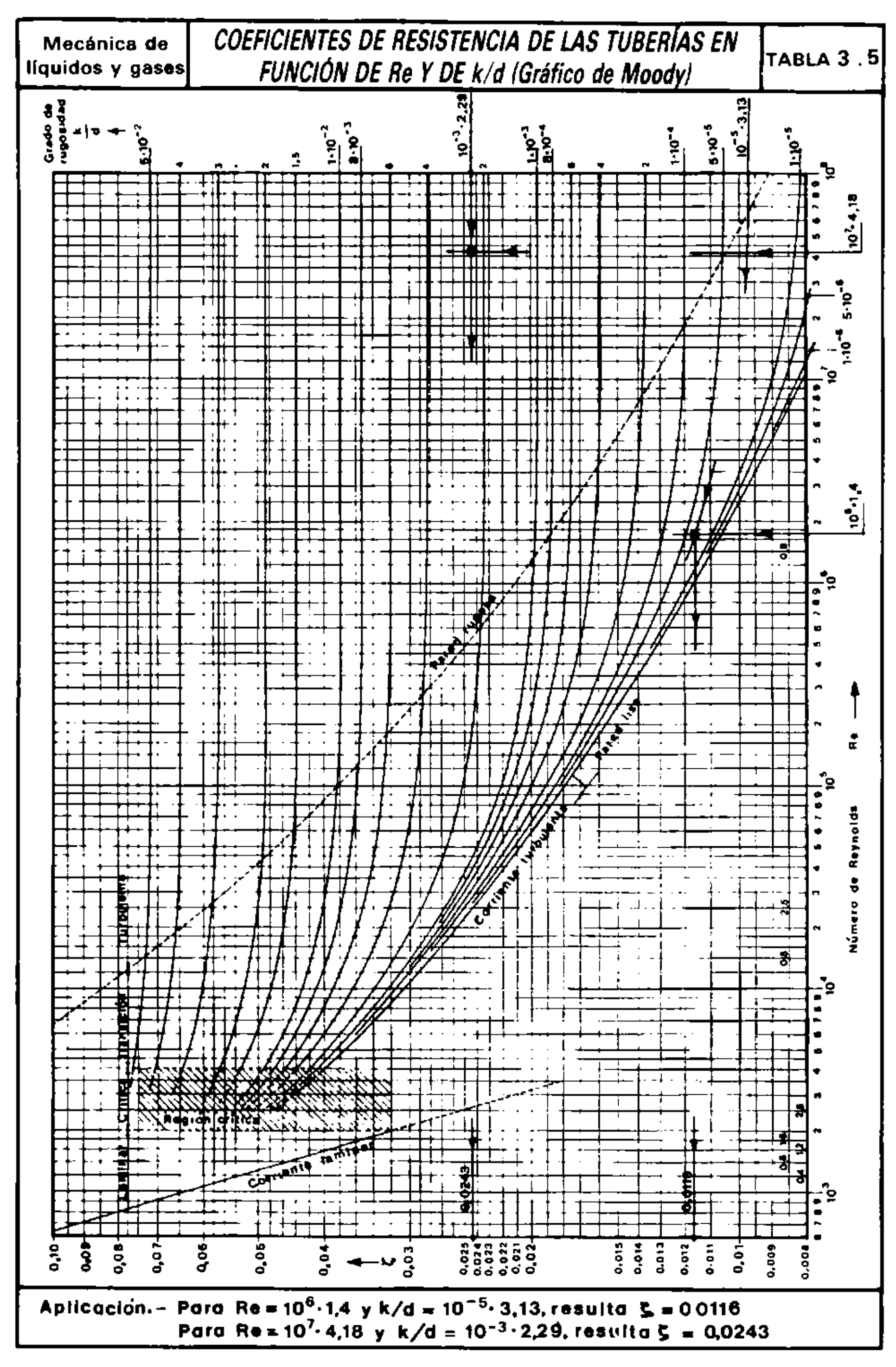
Pérdida de presión unitaria, $\Delta p_u = \frac{5}{104} = 0{,}048$

En la Tabla 2.5, para $\Delta p_u = 45 \cdot 10^3$, con tubo de 50 mm ⌀, Q = 2,129 l/seg (> 2,0 l/seg).

Sección de la tubería, $A = \frac{\pi \cdot 5^2}{4} = 19{,}6\ cm^2$

Velocidad de salida del agua, $v = \frac{2190}{19{,}6} = 112$ cm = 1,12 m/seg (admisible).

Nota. — El caudal solitario, 2 l/seg. se puede conseguir actuando ligeramente sobre la válvula de salida del agua.



Mecánica de líquidos y gases
COEFICIENTES DE RESISTENCIA DE LAS TUBERÍAS EN FUNCIÓN DE Re Y DE k/d (Gráfico de Moody)
TABLA 3 . 5
Grado de rugosidad k/d
Número de Reynolds Re
Pared rugosa
Pared lisa
Corriente turbulenta
Corriente laminar
Región crítica
Límite laminar
Límite turbulenta
Aplicación.- Para Re = $10^6 \cdot 1{,}4$ y k/d = $10^{-5} \cdot 3{,}13$, resulta ζ = 0 0116
Para Re = $10^7 \cdot 4{,}18$ y k/d = $10^{-3} \cdot 2{,}29$, resulta ζ = 0,0243

MECÁNICA DE LOS GASES
Expansión y salida a través de orificios

Expansión de los gases

En los gases la fuerza de repulsión de sus moléculas es superior a la de cohesión, tendiendo aquellas a separarse más y más ocupando todo el volumen del recipiente que los contiene, y ejerciendo una presión uniforme sobre sus paredes.

Presión atmosférica

Es la ejercida por el peso de una columna de aire que actúa sobre la superficie unidad de un cuerpo; la presión atmosférica hace que se mantenga sin derramarse sobre un recipiente que contiene mercurio el contenido de este mismo elemento que llena un tubo de 1 m de altura cerrado por uno de sus extremos y que se invierte dentro del recipiente. Al nivel del mar el mercurio desciende manteniéndose en el tubo una columna de 76 cm de altura y se produce en su parte superior un vacío de 24 cm (cámara de Torricelli); el peso de la columna de mercurio, $76 \times 13{,}595 = 1033{,}22$ gs representa el valor de la presión atmosférica a aquel nivel. Esta presión atmosférica se reduce con la altura, y para determinar la variación existente entre dos alutra A y B se hace:

$h_1(A) - h_2(B) = H = 16000 \cdot \frac{p_1 - p_2}{p_1 + p_2}$, para alturas reducidas, y $H = 18588 \cdot \log \frac{p_1}{p_2}$ para grandes diferencias de altura, siento h_1 y h_2 la altitudes en A y B respectivamente, y p_1 y p_2 las presiones en aquellas altitudes.

Fuerza ascensional

Todo cuerpo sumergido en un gas experimenta un empuje hacia arriba igual al peso del gas que desaloja; la fuerza ascensional en el aire de un volumen V de un gas, es:

$$F = V(\gamma_a - \gamma_g)$$

siendo γ_a el peso específico del aire y γ_g el del gas

En los globos, para un peso total G (envolvente, gas, barquilla y accesorios) y un volumen V de gas de peso específico γ_g, la fuerza ascensional es:

$$F = V(\gamma_a - \gamma_g) - G, \text{ y se anula para } G = V(\gamma_a - \gamma_g)$$

También $G = V \cdot \frac{p_1}{p_2} (\gamma_a - \gamma_g)$, o bien $p_2 = \frac{p_1 \cdot G}{V(\gamma_a - \theta_g)}$

Salida de gases a través de orificios

La velocidad de salida de un gas a través de un orificio practicado en la pared del recipiente que lo contiene, es igual a la que adquiriría cayendo libremente desde una altura h expresada por medio de la presión equivalente de una columna de mercurio, resultando:

$$v = \sqrt{2gh}, \text{ siendo h la columna de gas sobre el orificio.}$$

Haciendo h equivalente a una columna de mercurio h_m, se tiene:

$\frac{\gamma_m}{\gamma_g} = \frac{h}{h_m}$, $h = h_m \cdot \frac{\gamma_m}{\gamma_g}$, siendo γ_g y γ_m los pesos específicos del gas y del mercurio,

$$\text{resultando } v = \sqrt{\frac{2g\, h_m\, \gamma_m}{\gamma_g}} = 16{,}3 \sqrt{\frac{h_m}{\gamma_g}}$$

La velocidad de salida de dos gases distintos, sometidos a la misma presión, está en razón inversa de las raíces, cuadradas de los pesos específicos respectivos, y los tiempos invertidos en dicha salida en razón directa de las raíces cuadradas de aquellos pesos específicos:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\sqrt{\gamma_2}}{\sqrt{\gamma_1}} \left(= \frac{v_1}{v_2} \sqrt{\frac{\gamma_2}{\gamma_1}} \right); \quad \frac{t_1}{t_2} = \frac{\sqrt{\gamma_1}}{\sqrt{\gamma_2}} \left(= \frac{t_1}{t_2} \sqrt{\frac{\gamma_1}{\gamma_2}} \right)$$

Ejemplo. — Un globo de forma esférica de 15 m de diámetro se llena de hidrógeno ($\nu_2 = 0{,}09$ kg/m³ Tabla 2-20); la envolvente pesa 0,3 kg/m² y su cordaje, barquilla y accesorios 900 kg. ¿Cuál será la fuerza ascensional al nivel del mar, y la altitud y presión en el límite de la ascensión?

Peso total del globo, $G = \frac{\pi \times 15^3}{6} \times 0{,}09 + \pi \times 15^2 \times 0{,}3 + 900 = 1271$ kg.

Fuerza ascensional, $F = \frac{\pi \times 15^3}{6} \times 1{,}293 - 1271 = 1014$ kg (a nivel del mar).

Presión atmosférica en el límite de ascensión, $p_2 = \frac{760 \times 1271}{\frac{\pi \times 15^3}{6} \times (1{,}293 - 0{,}09)} = 454$ mm de Hg.

Altura máxima alcanzada, $p_2 = 18588 \times \log \frac{760}{454} = 18588 \times 0{,}22376 = 4159$ m.

MECÁNICA DE LOS GASES
Dilatación y pesos específicos

Dilatación de los gases

Los gases sometidos a presión constante se dilatan con regularidad, el coeficiente de dilatación cúbica común para todos los gases, es:

$$\alpha = \frac{1}{273} = 0{,}003663$$

A presión constante, los volúmenes de una masa gaseosa son proporcionales a las temperaturas absolutas a que se somete (Ley de Gay-Lussac):

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \; ; \; V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

A temperatura constante, las presiones ejercidas por una masa gaseosa son inversamente proporcionales a los volúmenes (Ley de Mariotte):

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1} \; ; \; p_2 = p_1 \cdot \frac{V_1}{V_2}$$

Los productos de las presiones por los volúmenes de una masa gaseosa, son proporcionales a las temperaturas absolutas (Ley combinada de Gay-Lussac y de Mariotte):

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{p_2 \cdot V_2} = \frac{T_1}{T_2} \; ; \; p_2 \cdot V_2 = p_1 \cdot V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

A volúmenes constantes, las presiones ejercidas por una masa gaseosa son proporcionales a las temperaturas absolutas:

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2} \; ; \; p_2 = p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

Pesos específicos de los gases

Al calentar una masa gaseosa sometida a presión constante, su volumen aumenta y disminuye su peso específico, manteniéndose sin variación el peso total.

A presión constante, los pesos específicos de una masa gaseosa son inversamente proporcionales a las temperaturas absolutas

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{T_2}{T_1} \; ; \; \gamma_2 = \gamma_1 \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

Si se modifican la presión, volumen y temperatura, resulta:

$$\frac{p_1 \cdot \gamma_2}{p_2 \cdot \gamma_1} = \frac{T_1}{T_2} \; ; \; p_2 \cdot \gamma_1 = p_1 \cdot \gamma_2 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

Valor molecular de los gases

A volúmenes iguales de gases distintos, medidos a igual presión y temperatura, contienen el mismo número de moléculas (Ley de Avogrado).

Ejemplos 1.°. — Una masa gaseosa sometida a una presión de 6 atmósferas con 15° C de temperatura ocupa un volumen de 1,2 m³. ¿Cuál será su volumen normal (a 0° C y 760 Torr)?

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{p_2 \cdot V_2} = \frac{T_1}{T_2} \; ; \; V_2 = V_1 \cdot \frac{p_1}{p_2} \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

$$V_2 = 1{,}2 \times \frac{6}{1} \times \frac{273}{273 + 15} = 6{,}825 \text{ m}^3\text{, volumen normal.}$$

2.°. — Una masa de 6,825 m³ de aire a presión normal, es comprimida a 6 atmósferas de presión con 15° C de temperatura. ¿Cuál será el peso específico del aire comprimido?

$$\text{Volumen del aire comprimido, } V_2 = 6{,}825 \times \frac{1}{6} \times \frac{273 + 15}{273} = 1{,}2 \text{ m}^3.$$

Peso específico del aire a presión normal, $\gamma_1 = 1{,}29$ kg/m³ (Tabla 9.2).

Peso específico del aire comprimido, $\gamma_2 = \frac{6{,}825}{1{,}2} \times 1{,}29 = 7{,}337$ kg/m³.

UNIDADES Y MAGNITUDES ELÉCTRICAS

TABLA 4 . 5

UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	Designación	EQUIVALENCIA
Julio	Unidad de medidad de energía, trabajo y calor.	J	Energía, 1J = 1 J · A seg Trabajo, 1J = 1 N · m (newton metro) Calor, 1J = 0,23889 (≈0,24) cal. (Conversiones en la Tabla 11.2).
Vatio	Unidad de medida de potencia.	W	$1\ W = 1\ Jseg = V \cdot I = R \cdot I^2 = \frac{V^2}{R}$ 1 KW = 1,35984 (≈ 1,36) CV 1 KW = 1,34128 HP 1 KW = 238,89 cal
	Potencias { P_a Potencia total; P_u Potencia útil; P_p Potencia perdida }		Rendimiento $\eta = \frac{100 \cdot P_u}{P_a}$, %
Amperio	Unidad de intensidad de corriente, I.	A	$1\ A = \frac{1\ V}{1\ R} = \frac{1\ J}{1\ V} = \frac{1\ W}{1\ V}$
Voltio	Unidad de tensión eléctrica, de diferencia de potencial electrostático (d.p.e.), de fuerza electromotriz.	V	Tensión eléctrica 1 V = 1 A · R Diferencia de potencial 1 Vseg = 1×10^8 Mx (Maxwell) Fuerza electromotriz 1 V = 1 Wb (Weber)
Ohmio	Unidad de resistencia eléctrica, R.	Ω	$1\ R = \frac{1\ V}{1\ A} = \frac{1\ W}{I^2} = \frac{V^2}{W}$
Culombio	Unidad de cantidad de electricidad (carga eléctrica).	Q	1 Q = 1 A seg.
Siemens	Unidad de conductancia eléctrica (inverso de ohmio).	S	$1\ S = \frac{1}{1\ R}\ 1 = \frac{1\ A}{1\ V}$
Faradio	Unida de capacidad eléctrica.	F	$1\ F = \frac{1\ Q}{1\ V} = \frac{1\ A\ seg}{1\ V}$
Henrio	Unidad de medida del coeficiente de autoinducción.	H	$1\ H = \frac{1\ V\ seg}{1\ A} = \Omega\ seg = 10^9$ u.e.m.
Weber	Unidad de medida de flujo magnético, Φ	Wb	1 Wb = 1 V seg.

MAGNITUDES ELÉCTRICAS

Resistividad	Resistencia eléctrica específica.	ϱ	$\varrho = \frac{Vm}{A}$
Conductividad	Conductividad eléctrica específica (inverso de la resistividad).	γ	$\gamma = \frac{1}{\varrho} = \frac{A}{Vm}$
Reactancia	Resistencia opuesta al paso de la corriente por elementos inductivos y capacitativos	X	De autoinducción, $X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$, Ω De capacidad, $X_c = 1/2\ \pi \cdot f \cdot c$, Ω
Impedancia	Oposición a que una corriente alterna circule por un circuito.	Z	$Z = \frac{V}{I} = \sqrt{R^2 +}\ X_2$
Inductancia	Cociente entre la cantidad de flujo y la intensidad de la corriente que lo genera.	L	$L = \frac{Vseg}{A}$
Capacitancia	Impedancia debida a una capacidad C.	Z_c	$Z_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$
Pulsación	Característica de los movimientos oscilatorios ligada al período de los mismos.	ω	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

NOTA.—Esta Tabla es complemento de la Tabla 13 . 2

TENSIÓN ELÉCTRICA Y SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

Tensión eléctrica

Tensión eléctrica es la diferencia de potencial eléctrico existente entre dos puntos unidos mediante un conductor (línea eléctrica). La unidad de tensión eléctrica o diferencia de potencial eléctrico es el voltio (diferencia de potencial entre dos puntos de un conductor cuando es recorrido por una corriente de intensidad igual a un amperio, siendo la resistencia del conductor igual a un ohmio).

Tensiones normalizadas

a) Alta tensión

Las tensiones, establecidas por categorías de línea, figuran en el siguiente cuadro:

Categoría de la línea	*Tensión nominal KV*	*Tensión más elevada KV*	*Categoría de la línea*	*Tensión nominal KV*	*Tensión más elevada KV*
1.ª	380 000	420 000	3.ª	20 000	24 000
	220 000	245 000		15 000	17 500
	132 000	145 000		10 000	12 000
2.ª	66 000	72 500		6 000	7 200
	45 000	52 000		3 000	3 600
	30 000	36 000		1 000	1 200

b) Baja tensión

Las tensiones, para corriente continua (c.c.) y corriente alterna (c.a.), son las siguientes:

Corriente continua, V	*Corriente alterna monofásica, V*	*Corriente alterna trifásica, V*
420	220	500
220	110	380
110		220
		127

(Corriente alterna trifásica: entre fases y neutro)

Secciones de los conductores

Las secciones de los conductores, en mm², normalmente utilizadas, son las que siguen:

Hilos: 0,5 — 0,75 — 1,0 — 1,5 - 2,5 — 4 — 6 — 10

Cables: 6 — 10 — 16 — 25 — 35 — 50 — 70 — 95 — 120 — 150 — 185 — 240 — 300 — 400 — 500 — 630 — 800 — 1000

Las secciones mínimas de los conductores son:

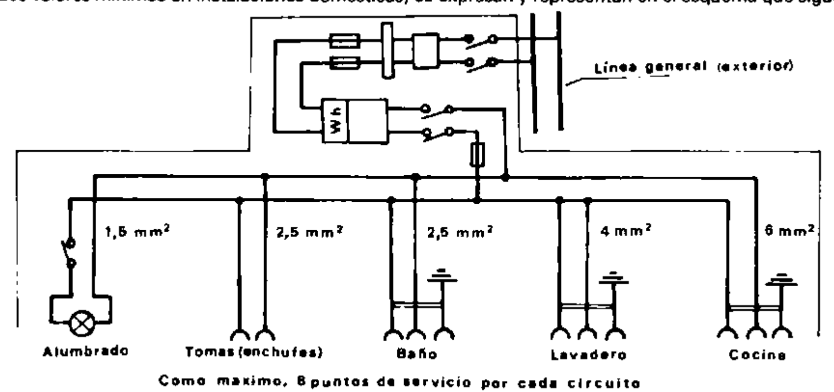
En cordón flexible, $s = 0,75$ mm² (en aparatos domésticos, s_{min} hasta 0,4 mm²).

En conductores aislados, en tubos, $s_{min} = 1,0$ mm²

En conductores aislados, a la intemperie, $s_{min} = 4$ mm²

En líneas generales, $s_{min} = 2,5$ mm²; en derivaciones, $s_{min} = 1,0$ mm²

Los valores mínimos en instalaciones domésticas, se expresan y representan en el esquema que sigue:



Instalaciones eléctricas	DISPOSICIONES PARA EL MONTAJE DE LOS CONDUCTORES	TABLA 6 . 5

Distancia entre conductores de alta tensión

La distancia entre conductores de alta tensión, se hace:

$$D = k \cdot \sqrt{f} \cdot L + \frac{V}{150}, \text{ siendo:}$$

- k El coeficiente de oscilación
- f La flecha máxima de los conductores, en m.
- L La distancia entre apoyos, en m.
- V La tensión de la linea (voltios).

Valores de K:

	En líneas de 1.ª y 2.ª categoria;	en lineas de 3.ª categoría
Angulos de oscilación	> 65°, k = 0,70	> 65°, 0,65
	65 a 40°, k = 0,65	65 a 40°, 0,60
	< 40°, k = 0,60	< 40°, 0,55

Separación entre conductores y apoyos

$$s = 0{,}1 + \frac{V}{150}, \text{ m; será como mínimo, } s \geq 0{,}2 \text{ m.}$$

Alturas y distancias mínimas

La altura de los conductores de alta tensión no será inferior a 3 m, y si en alguna parte en tensión estuviese a altura inferior a las expresadas en el cuadro que sigue, se dispondrá una protección eficaz para evitar contactos inadvertidos al personal. Para distancias intermedias, se tomarán las distancias correspondientes a la nominal inmediata superior.

	Partes de la instalación	*Alturas mínimas*	
Instalaciones a la intemperie	Barras generales	5,5 m + 1,20 cm · tensión en kV	
	Otras partes	2,8 m + 1,20 cm · tensión en kV	
		Distancias mínimas en mm.	
	Tensión nominal	Entre fases	Entre fase y tierra
	6 kV e inferiores	150	150
	10 kV	250	200
	45 kV	750	500
	66 kV	900	600
	132 kV	1900	1200
	220 kV	2800	1800
Instalaciones interiores	*Partes de la instalación*	*Distancias mínimas*	
	Entre conductores	10 cm + 1,0 cm por kV o fracción	
	Entre conductores y masa metálica.	8 cm + 0,6 cm por kV o fracción	

NIVELES DE AISLAMIENTO

Categoría de la línea	*Tensión más elevada kV eficaces*	*Tensión de ensayo al choque, kV cresta*		*Tensión de ensayo a frecuencia industrial. kV eficaces*	
3.ª	3,6	45		16	
	7,2	60		22	
	12	75		28	
	17,5	95		38	
	24	125		50	
2.ª	36	170		70	
	52	250		95	
	72,5	325		140	
		Neutro a tierra	*Neutro aislado*	*Neutro a tierra*	*Neutro aislado*
1.ª	100	380	450	150	185
	123	450	550	185	230
	145	550	650	230	275
	170	650	750	275	325
	245	900	1050	395	460
	420	1550		680	

CAÍDA DE TENSIÓN Y DENSIDAD DE INTENSIDAD EN CONDUCTORES

Caída de tensión

En un circuito eléctrico la caída de tensión se manifiesta por la diferencia de potencial entre dos de sus puntos, A y B, recorridos por una corriente de intensidad I (amperios); estos puntos pueden ser la acometida a una línea de fuerza y el receptor.

La caída de tensión se expresa por

$$\Delta U = U_A - U_B ,$$

siendo U_A la tensión de la línea en la acometida, y U_B la tensión en el receptor.

La diferencia de potencial entre los extremos del conductor es consecuencia de la resistencia (o impedancia) que este conductor opone al paso de la corriente; en corriente continua su valor es:

$$\Delta U = I \cdot R,$$

siendo I (amperios) la intensidad de la corriente, y R (ohmios) la resistividad del conductor.

El porcentaje de la calda de tensión se expresa

$$\%\Delta U = \frac{100 \cdot U_A}{U_B}$$

Caídas de tensión autorizadas

Las caídas de tensión en un circuito, autorizadas, son:

$\Delta U \leq 1{,}5\%$ entre las cajas generales de protección y los contadores de fuerza
$\Delta U \leq 2{,}0\%$ entre los contadores y los receptores
$\Delta U \leq 5{,}0\%$ entre la acometida privada hasta el receptor, en líneas para motores.

Densidad eléctrica

La densidad eléctrica en un conductor está representada por el número de amperios que circulan por cada mm² de su sección

$$G = \frac{I}{s}\text{, amperios/mm}^2,$$

siendo variable o distinto su valor para conductor al aire (no revestido), y conductor revestido.

En la Tabla que sigue se exponen valores de densidades máximas de corriente para conductores de cobre sin y con aislamiento de goma o de plástico.

DENSIDADES MÁXIMAS DE CORRIENTE PARA CONDUCTORES DE COBRE

Seccion nominal mm²	*Conductores al aire A/mm²*	*Conductores revestidos A/mm²*	*Sección nominal mm²*	*Conductores al aire A/mm²*	*Conductores revestidos A/mm²*
0,75	8	6	50	3	2,2
1	8	6	70	2,5	1,9
1,50	7,5	5,6	95	2,1	1,6
2,50	6,9	5,1	100	2	1,5
4	6,1	4,6	120	1,9	1,4
6	5,6	4,2	150	1,8	1,3
10	5,1	3,8	200	1,7	1,27
16	4,5	3,4	300	1,6	1,2
25	3,8	2,8	400	1,45	1,1
35	3,2	2,4	500	1,4	1

Fusibles

El fusible forma parte del dispositivo de protección de un conductor o receptor eléctrico, previsto para que se funda en condiciones de servicio previamente establecidas, produciendo la apertura de un circuito eléctrico. Generalmente está formado por hilos o láminas calibradas de un material que se funde por el calentamiento provocado por una corriente de intensidad superior a la admisible en el circuito.

Los fusibles calibrados deben cumplir las condiciones siguientes:

a) Para secciones $s \geq 10$ mm² resistir durante 1 hora una intensidad igual a 1,3 veces la normal.

Para secciones $s \leq 10$ mm² resistir durante 1 hora una intensidad igual a 1,2 veces la normal.

b) Para secciones $s \geq 10$ mm² fundirse en menos de 1/2 hora con una intensidad igual a 1,6 veces la normal.

Para secciones $s \leq 10$ mm² fundirse en menos de 1/2 hora con una intensidad igual a 1,4 veces la normal.

La intensidad normal del fusible será, como máximo, igual a la intensidad máxima de servicio del conductor o receptor protegido.

Los fusibles de efecto rápido funden a 2,5 veces la intensidad nominal I_n; los de efectos retardados a 8 veces el valor de la intensidad I_n.

Cálculo de los fusibles

El diámetro de un hilo fusible se calculará por la fórmula:

$$d = a \cdot \sqrt[3]{I}, \text{ en la que}$$

a = 0,0538 para fusibles de cobre
a = 0,0652 para fusibles de plata
a = 0,2046 para fusibles de plomo
a = 0,2112 para fusibles de plomo - estaño

La intensidad a que fundirá un hilo fusible de un diámetro d, es

$$I = \sqrt{d^2 \cdot b}, \text{ siendo:}$$

b = 80 para hilo fusible de cobre
b = 60 para hilo fusible de plata
b = 10,8 para hilo fusible de plomo
b = 10,3 para hilo fusible de aleación plomo-estaño

En la Tabla que sigue se exponen valores de intensidades aproximadas de protección y de fusión de hilos para fusibles de cobre y de aluminio.

INTENSIDADES APROXIMADAS DE PROTECCIÓN Y FUSIÓN DE HILOS PARA FUSIBLES

Diámetro *del hilo mm.*	*HILOS DE COBRE*		*HILOS DE ALUMINIO*	
	Intensidad de protección Amp.	*Intensidad de fusión Amp.*	*Intensidad de protección Amp.*	*Intensidad de fusión Amp.*
0,2	5,75	7,15	2,75	3,45
0,3	10,50	13,15	5,05	6,30
0,4	16,35	20,45	7,80	9,80
0,5	22,50	28,10	10,75	13,45
0,6	29,20	36,50	14,00	17,50
0,7	37,35	46,70	17,90	22,40
0,8	46,10	57,60	22,10	27,65
0,9	54,60	68,25	26,20	32,75
1,0	64,25	80,30	30,80	38,50
1,1	74,15	92,70	35,55	44,45
1,2	84,40	105,5	40,50	50,60
1,3	95,20	119,0	45,60	57,05
1,4	106,3	132,8	50,95	63,70
1,5	118,0	147,4	56,55	77,70
1,8	155,3	194,1	74,50	93,10
2,0	181,6	227,0	87,10	108,5
2,2	205,6	257,0	98,55	123,2
2,5	250,5	313,1	120,1	150,1
3,0	333,5	416,8	159,9	199,8

Instalaciones eléctricas	***INTENSIDADES DE FUSIÓN DE LOS FUSIBLES Y SECCIONES DE CONDUCTORES Y DE FUSIBLES***	TABLA 9 . 5

INTENSIDADES DE CORRIENTE A QUE FUNDEN HILOS DE MATERIALES UTILIZADOS PARA FUSIBLES

Intensidad Amperios	*DIÁMETRO DEL HILO EN MILÍMETROS*				
	Cobre	*Aluminio*	*Plata alemana*	*Aleación Plomo - Zinc*	*Plomo*
1	0,053	0,065	0,083	0,21	0,205
3	0,11	0,137	0,175	0,44	0,426
5	0,156	0,19	0,246	0,617	0,599
10	0,25	0,305	0,39	0,99	0,95
20	0,398	0,485	0,62	1,55	1,51
30	0,52	0,638	0,805	2,04	1,97
40	0,63	0,77	0,987	2,46	2,40
50	0,73	0,892	1,14	2,87	2,78
70	0,91	1,12	1,433	3,59	3,47
100	1,16	1,42	1,81	4,51	4,40
160	1,58	1,94	2,48	6,21	6,02
200	1,85	2,25	2,85	7,20	6,99
250	2,17	2,60	3,32	8,39	8,18
300	2,45	2,93	3,78	9,43	9,18

SECCIONES DE CONDUCTORES Y FUSIBLES

Instalaciones de motores asíncronos trifásicos 50 Hz

Potencia		*220 V*			*380 V*		
CV	*kW*	*Amperios por fase aprox.*	*Sección del conductor mm$_2$*	*Corriente nominal de los fusibles Amp.*	*Amperios por fase aprox.*	*Sección del conductor mm$_2$*	*Corriente nominal de los fusibles Amp.*
0,33	0,25	1,7	3 × 1	3	0,95	3 × 1	2
0,5	0,45	2,4	3 × 1,5	3	1,4	3 × 1	3
1	0,75	3,5	3 × 2,5	6	2	3 × 1,5	3
1,5	1,1	5	3 × 2,5	8	3	3 × 2,5	6
2	1,5	6,9	3 × 2,5	8	4	3 × 2,5	6
3	1,2	8,7	3 × 2,5	15	5	3 × 2,5	8
5	3,7	15	3 × 4	20	9	3 × 2,5	15
7,5	5,5	22	3 × 6	30	13	3 × 4	20
10	7,5	26	3 × 10	35	15	3 × 4	20
15	11	40	3 × 16	50	23	3 × 10	30
20	15	53	3 × 25	70	31	3 × 10	40
25	18,5	62	3 × 25	80	36	3 × 16	45
30	22	75	3 × 35	100	44	3 × 16	60
40	29,5	105	3 × 50	175	61	3 × 25	80
50	37	125	3 × 50	175	73	3 × 35	100
60	44,2	150	3 × 95	250	87	3 × 50	110
75	55,2	185	3 × 95	250	108	3 × 50	175
100	74	235	3 × 120	325	135	3 × 95	175
125	92	295	3 × 150	400	170	3 × 95	225

Nota. – Las secciones que figuran en la Tabla son para conductores aislados con plástico y goma normal, con tres conductores unipolares agrupados, de material cobre.

Instalaciones eléctricas	RELACIÓN ENTRE LA INTENSIDAD, TENSIÓN, RESISTENCIA Y POTENCIA ELÉCTRICAS	TABLA 10 . 5

Funciones		*Corriente continua*	*Corriente alterna monofásica*	*Corriente alterna trifásica*
Intensidad	I	$I = \frac{U}{R} = \frac{P}{U}$	$I = \frac{U \cdot \cos\varphi}{R} = \frac{P}{U \cdot \cos\varphi}$	$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_L \cdot \cos\varphi} = \frac{P_s}{\sqrt{3} \cdot U_L}$
	I_a	—	$I_a = I \cdot \cos\varphi$	$I_a = I \cdot \cos\varphi$
	I_r	—	$I_r = I \cdot \text{sen}\,\varphi$	$I_r = I \cdot \text{sen}\,\varphi$
Tensión	U	$U = I \cdot R = \frac{P}{I}$	$U = \frac{I \cdot R}{\cos\varphi} = \frac{P}{I \cdot \cos\varphi}$	$U_L = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot I \cdot \cos\varphi} = \frac{P_s}{\sqrt{3} \cdot I}$
Resistencia	R	$R = \frac{U}{I}$ $R = \frac{\varrho \cdot L}{s}$	$R = \frac{U \cdot \cos\varphi}{I}$ $X = \frac{U \cdot \text{sen}\,\varphi}{I}$ $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$	$R = \frac{U_L \cdot \cos\varphi}{\sqrt{3} \cdot I}$ $X = \frac{U_L \cdot \text{sen}\,\varphi}{\sqrt{3} \cdot I}$ $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$ $Z = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot I}$
Potencia	P	$P = U \cdot I = I^2 \cdot R$	$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$	$P = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I \cdot \cos\varphi$
	P_q	—	$P_q = U \cdot I \cdot \text{sen}\,\varphi$	$P_q = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I \cdot \text{sen}\,\varphi = P \cdot \text{tg}\,\varphi$
	P_s	—	$P_s = U \cdot I$	$P_s = \sqrt{3} \cdot U_L \cdot I = \sqrt{P^2 + P_q^2}$
Caída de tensión		$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I$ $\Delta U = \frac{2 \cdot \varrho \cdot L \cdot P}{s \cdot U}$	$\Delta U = 2 \cdot R \cdot I \cdot \cos\varphi = \frac{2 \cdot \varrho \cdot L \cdot P}{s \cdot U}$	$\Delta U = \sqrt{3} \cdot (R \cdot I_a + X \cdot I_r)$ $\Delta U = \sqrt{3} \cdot R \cdot I \cdot \cos\varphi = \frac{R \cdot P}{U_L}$
Pérdida de potencia		$\Delta P = 2 \cdot R \cdot I^2 = \frac{2 \cdot \varrho \cdot L \cdot I^2}{s}$	$\Delta V = 2 \cdot R \cdot I^2 = \frac{2 \cdot \varrho \cdot L \cdot I^3}{s}$	$\Delta P = 3 \cdot R \cdot I^2 = \frac{3 \cdot \varrho \cdot L \cdot I^2}{s}$
Tanto % de pérdida de potencia		$P\% = \frac{100 \cdot \Delta U}{U} = \frac{100 \cdot 2 \cdot \varrho \cdot L \cdot I^2}{s \cdot P}$	$P\% = \frac{100 \cdot 2 \cdot \varrho \cdot L \cdot I^2}{s \cdot P} = \frac{100 \cdot 2 \cdot \varrho \cdot L \cdot P}{S \cdot U^2 \cdot \cos^2\varphi}$	$P\% = \frac{100 \cdot 3 \cdot \varrho \cdot L \cdot I^2}{s \cdot P} = \frac{100 \cdot R \cdot P}{U^2 \cdot \cos^2\varphi}$ $P\% = \frac{\Delta U \cdot 100 \cdot \cos^2\varphi}{U}$
Sección del conductor		$s = \frac{2 \cdot \varrho \cdot L \cdot I}{\Delta U} = \frac{100 \cdot 2 \cdot \varrho \cdot L \cdot P}{P\% \cdot U^2}$	$s = \frac{2 \cdot \varrho \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Delta U} = \frac{100 \cdot 2 \cdot \varrho \cdot L \cdot P}{P\% \cdot U^2 \cdot \cos^2\varphi}$	$s = \frac{\varrho \cdot L \cdot P}{\Delta U \cdot U_L} = \frac{100 \cdot \varrho \cdot L \cdot P}{P\% \cdot U^2 \cdot \cos^2\varphi} = \frac{\sqrt{3} \cdot \varrho \cdot L \cdot U_L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Delta U}$

Especificación:

- I Intensidad en amperios (A)
- I_a Intensidad activa en amperios
- I_r Intensidad reactiva en amperios
- U Tensión en voltios
- U_L Tensión entre fases (en voltios)
- L Longitud de la línea en m.
- P Potencia activa en vatios (W)
- P_q Potencia reactiva (en VA_r)
- P_s Potencia aparente (en VA)
- s Sección del conductor en mm²
- ϱ Resistividad en Ω (mm²/m)
- X Reactancia Ω
- X_L Reactancia inductiva $\Omega = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot H$
- X_c Reactancia capacitativa $\Omega = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$
- R Resistencia Ω
- Z Impedancia Ω
- ω Pulsación $= 2 \cdot \pi \cdot f$
- f Frecuencia en hertzios (Hz)
- L Autoinducción en hertzcios
- C Capacidad en faradios (F)

Instalaciones eléctricas	RESISTENCIA Y RESISTIVIDAD DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Resistencia de los conductores

Resistividad eléctrica es la resistencia que oponen los conductores eléctricos al paso de la corriente; su valor en ohmios se representa por

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S} \left(= \frac{V}{A}\right), \text{ en } \Omega.$$

siendo:

- R La resistencia del conductor en ohmios (Ω)
- V La tensión del circuito en voltios
- A La intensidad en amperios
- ρ La resistividad del conductor en Ω por m/mm², a 20° C.
- L La longitud del conductor, en m.
- S La sección del conductor, en mm².

La resistencia de los conductores varía con la temperatura, resultando:

$$\Omega_T = \Omega_{20} \cdot (1 + \rho \cdot (T - 20)),$$

siendo:

- Ω_{20} La resistencia del conductor a 20° C
- Ω_T La resistencia del conductor a T° C
- T La temperatura final del conductor

Cantidad de calor Q producida por las resistencias

Un julio, 1 J = 0,23889 cal ≈ 0,24 cal.
$Q = 0{,}24 \cdot W$, cal seg.
$Q = 0{,}24 \cdot V \cdot A$, cal seg.
$Q = 0{,}24 \cdot A^2 \cdot R$, cal seg.
$Q = 0{,}24 \cdot \frac{V^2}{R}$, cal seg.

La conductividad es el inverso de la resistividad; conductividad $\gamma = \frac{1}{R}$

La resistividad para conductores usuales se expresa en la Tabla que sigue.

Instalaciones eléctricas	RESISTIVIDAD Y COEFICIENTE DE TEMPERATURA DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS	TABLA 11 . 5

Conductores	*Resistividad ρ a 20° C*	*Coeficiente temp. T a 20° C*	*Conductores*	*Resistividad ρ a 20° C*	*Coeficiente temp. T a 20° C*
Acero	0,18	0,005	Mercurio	0,954	0,0009
Aluminio	0,0284	0,004	Microm	1,10	0,0002
Antimonio	0,35	0,0039	Níquel	0,12	0,0039
Bismuto	1,3	0,0036	Niquelina	0,415	0,00022
Cobre	0,0175	0,0039	Oro	0,022	0,0038
Constantan	0,5	0,00003	Plata	0,016	0,0036
Estaño	0,13	0,0044	Platino	0,109	0,0024
Hierro	0,11	0,0047	Plomo	0,21	0,0038
Latón	0,075	0,0015	Wolframio (Tungsteno)	0,07	0,0051
Maillechor	0,375	0,0003	Zinc	0,062	0,0039
Manganina	0,44	0,00001			

Instalaciones eléctricas	RESISTENCIA OHMICA DE 1000 M DE HILOS DE COBRE Y DE ALUMINIOS	TABLA 12 . 5

Diámetro mm	*Sección mm²*	*Resistencia del cobre Ω*	*Resistencia del aluminio Ω*	*Diámetro mm*	*Sección mm²*	*Resistencia del cobre Ω*	*Resistencia del aluminio Ω*
0,1	0,0079	2215	3595	1,1	0,9503	18,4	29,9
0,15	0,0177	989	1605	1,2	1,131	15,5	25,1
0,2	0,0314	577	904	1,3	1,327	13,9	21,4
0,25	0,0491	356	578	1,4	1,539	11,4	18,4
0,3	0,0707	248	402	1,5	1,767	9,90	16,1
0,35	0,0962	182	295	1,6	2,011	8,70	14,1
0,4	0,1257	139	226	1,7	2,270	7,71	12,5
0,45	0,1590	110	179	1,8	2,545	6,88	11,2
0,5	0,1963	89,1	145	1,9	2,835	6,17	10,0
0,55	0,2376	73,6	120	2,0	3,142	5,57	9,04
0,6	0,2827	61,9	100	2,1	3,464	5,01	8,20
0,65	0,3318	52,7	85,6	2,2	3,801	4,60	7,47
0,7	0,3848	45,5	73,8	2,3	4,155	4,21	6,84
0,75	0,4418	39,6	64,3	2,4	4,524	3,87	6,28
0,8	0,5026	34,8	56,5	2,5	4,909	3,56	5,79
0,85	0,5674	30,8	50,1	2,6	5,309	3,30	5,35
0,9	0,6362	27,5	44,6	2,7	5,726	3,06	4,96
0,95	0,7088	24,7	40,1	2,8	6,158	2,84	4,61
1,0	0,7854	22,3	36,2	2,9	6,605	2,65	4,30
1,05	0,8659	20,2	32,8	3,0	7,069	2,48	4,02

Nota.—Los valores de resistencia ohmica que figuran en la tabla corresponden a ρ = 0,0175 para el cobre y 0,0284 para el aluminio, a 20° C (Tabla 11.5) para diámetros de hilo de 0,1 a 3,0 mm; para obtener la resistencia de hilos de 1 a 30 mm∅ se dividirán por 100 los valores correspondientes de la tabla. Los valores de resistencias para diámetros de 10 a 300 se obtienen dividiéndolos por 10.000.

Ejemplo.—Cálculo de la resistencia de conductores de 3,5 y 35 mm∅, de 500 m de longitud.

En la tabla, R_c = 182 Ω y R_a = 295 Ω para 0,35 mm∅ y 1000 m; corresponden 91 Ω y 148 Ω a 500 m.

Para 3,5 mm∅, R_c = 0,91 y R_a = 1,48 φ; para 35 mm∅, R_c = 0,0091 y R_a = 0,0148 Ω.

Instalaciones eléctricas	PESO DE 1000 M DE HILOS DE COBRE Y DE ALUMINIO	TABLA 13 . 5

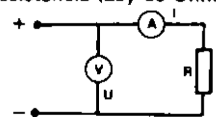
Diámetro mm	*Sección mm²*	*Hilo de cobre kg*	*Hilo de aluminio kg*	*Diámetro mm*	*Sección mm²*	*Hilo de cobre kg*	*Hilo de aluminio kg*
0,1	0,0079	0,070	0,021	2,1	3,464	30,830	9,354
0,2	0,0314	0,280	0,085	2,2	3,801	33,829	10,264
0,3	0,0707	0,629	0,191	2,3	4,155	36,979	11,220
0,4	0,1257	1,118	0,339	2,4	4,524	40,264	12,516
0,5	0,1963	1,747	0,530	2,5	4,909	43,690	13,256
0,6	0,2827	2,516	0,763	2,6	5,309	47,250	14,336
0,7	0,3848	3,425	1,039	2,7	5,726	50,961	15,462
0,8	0,5026	4,474	1,357	2,8	6,158	54,806	16,628
0,9	0,6362	5,662	1,718	2,9	6,605	58,784	17,835
1,0	0,7854	6,990	2,121	3,0	7,069	62,914	19,088
1,1	0,9503	8,458	2,566	3,1	7,547	67,174	20,381
1,2	1,131	10,066	3,054	3,2	8,042	71,578	21,717
1,3	1,327	11,810	3,583	3,3	8,553	76,126	23,095
1,4	1,539	13,697	4,156	3,4	9,079	80,805	24,516
1,5	1,767	15,726	4,771	3,5	9,621	85,628	25,980
1,6	2,011	17,898	5,430	3,6	10,179	90,591	27,485
1,7	2,270	20,203	6,130	3,7	10,752	95,694	29,033
1,8	2,545	22,650	6,872	3,8	11,341	100,936	30,624
1,9	2,835	25,231	7,655	3,9	11,946	106,319	32,257
2,0	3,142	27,964	8,484	4,0	12,566	111,841	33,932

Nota.—Para hilos de diámetros 10 veces mayores que los expresados, los pesos son 100 veces superiores a los indicados.

Ejemplo.—Peso de hilos de 2,5 mm∅, 43,690 y 13,256 kg; peso de hilos de 25 mm∅, 4369,0 y 1325,6 kg.

CORRIENTE CONTINUA.— ACCIONES Y RELACIONES

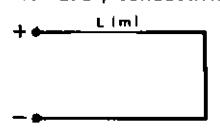
Resistencia (Ley de Ohm)



$$R = \frac{U}{I}$$

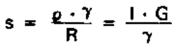
$$I = \frac{U}{R}; \quad U = I \cdot R$$

Resistividad y conductividad

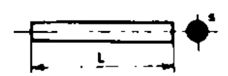


$$R = \frac{\rho \cdot l}{s} = \frac{l}{\gamma \cdot s} = \frac{1}{G}$$

$$l = \frac{R \cdot s}{\rho} = \frac{\gamma \cdot s}{G}$$



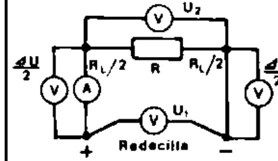
$$s = \frac{\rho \cdot \gamma}{R} = \frac{l \cdot G}{\gamma}$$



$$G = \frac{\gamma \cdot s}{l} = \frac{s}{\rho \cdot l} = \frac{1}{R}$$

$$\rho = \frac{R \cdot s}{l} = \frac{1}{\gamma}; \gamma = \frac{l \cdot G}{s} = \frac{1}{\rho}$$

Caída de tensión

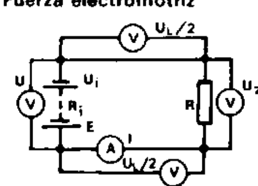


$$\Delta U = I \cdot R_L = U_1 - U_2$$

$$U_2 = U_1 - \Delta U; U_1 = U_2 + \Delta U$$

$$I = \frac{U_1}{R + R_L} = \frac{U_2}{R}$$

Fuerza electromotriz



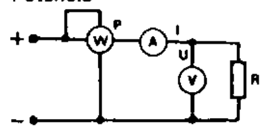
$$E = I \cdot (R_i + R_L + R)$$

$$I = \frac{E}{R_i + R_L + R}$$

$$U = E - U_i; U_2 = I \cdot \Delta U$$

$$U_i = I \cdot R_i = E - U; U_L = I \cdot R_L$$

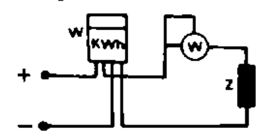
Potencia



$$P = I \cdot U = I^2 \cdot R = \frac{U^2}{R}$$

$$I = \frac{P}{U} = \sqrt{\frac{P}{R}}; R = \frac{P}{I^2} = \frac{U^2}{P}$$

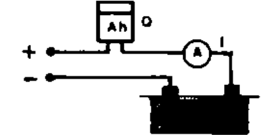
Energía activa



$$W = P \cdot t; t = \frac{W}{P}$$

$$P = \frac{W}{t}$$

Cantidad de electricidad



$$Q = I \cdot t$$

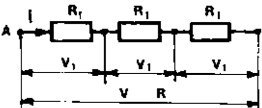
$$I = \frac{Q}{t}; \quad t = \frac{Q}{I}$$

- I Intensidad de la corriente en A (amp.)
- U Tensión de la línea en V (voltios)
- U_1 Tensión de la redecilla
- U_2 Tensión en los bornes del receptor
- U_b Tensión en los bornes del generador
- U_L Tensión en los extremos del conductor
- ΔU Caída de tensión en la línea
- U_i Caída de tensión en el generador
- R Resistencia en Ω (ohmios)
- R_L Resistencias de los conductores
- R_i Resistencia interior del generador
- R_r Resistencia del receptor
- s Sección del conductor (mm²)
- L Longitud del conductor (m)
- G Conductividad $\left(= \frac{1}{R}\right)$
- ρ Coeficiente de resistividad (Tabla 11.5)
- γ Coeficiente de conductividad $\left(= \frac{1}{\rho}\right)$
- E Fuerza electromotriz en voltios
- P Potencia en vatios
- W Energía en J
- t Tiempo en segundos
- Q Cantidad de electricidad en C (Ah).
- Z Impedancia en Ω

CORRIENTE CONTINUA.— ACOPLAMIENTO DE RESISTENCIAS

Acoplamiento en serie

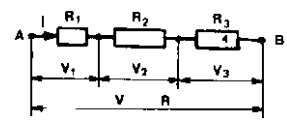
a) Resistencias del mismo valor. — La intensidad I que recorre todo el circuito es constante, variando la tensión inicial V que se reduce por la caída de tensión en cada resistencia. La resistencia total es igual a la suma de resistencias parciales.



$R = R_1 \cdot n$; $V = V_1 \cdot n$; n = número de resistencias; $I = \frac{V}{R}$

$R_1 = \frac{R}{n}$; $V_1 = \frac{V}{n}$; $R:R_1 = V:V_1$

b) Resistencias, de valores desiguales. —

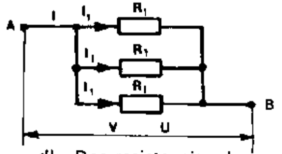


$R = R_1 + R_2 ... + R_n$; $V = V_1 + V_2 ... + V_n$

$V_1 : V_2 ... : V_n = R_1 : R_2 ... : R_n$

Acoplamiento en paralelo

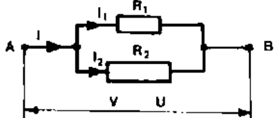
c) Resistencias del mismo valor. — La tensión V es igual en todo el circuito; hay tantas intensidades como resistencias.



$R = \frac{R_1}{n}$; $I = \frac{I_1}{n}$

$R_1 = R \cdot n$ $I_1 = I \cdot n$

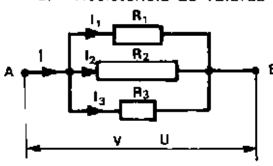
d) Dos resistencias desiguales



$R = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$; $R_1 = \frac{R_2 \cdot R}{R_2 - R}$

$I_1 : I_2 = R_2 : R_1$; $I = I_1 + I_2$

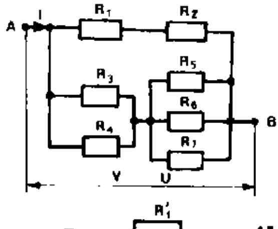
e) Resistencia de valores desiguales



$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} ... + \frac{1}{R_n}}$; $R = \frac{V}{I}$

$I = I_1 + I_2 ... + I_n$; $I_1 = \frac{V}{R_1}$; $I_2 = \frac{V}{R_2}$; $... I_n = \frac{V}{R_n}$

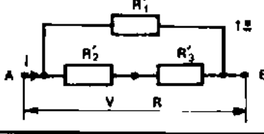
Acoplamiento mixto (en serie y en paralelo)

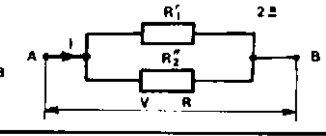


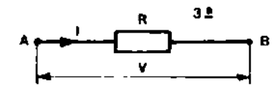
Primera operación. — Las resistencias R_1 y R_2 se transforman en la R'_1 procediendo como en b), y las R_3 -- R_4, R_5 — R_6 — R_7 se transforman en las R'_2 y R'_3 respectivamente como en d) y e).

Segunda operación. — Las resistencias R'_2 y R'_3 se transforman en la R'_2 procediendo como en b).

Tercera operación. — R'_1 y R'_2 se transforman en R procediendo como en d).





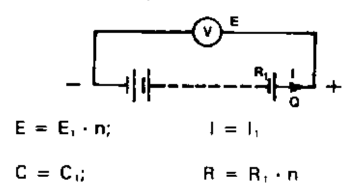


CORRIENTE CONTINUA.— ACOPLAMIENTO DE PILAS Y ACUMULADORES

Definición

La pila es un generador que transforma energía química en energía eléctrica (c.c.); el acumulador es un aparato que almacena energía eléctrica en energía química al ser cargado, y la devuelve con intensidad casi constante al ser descargado (pila reversible).

Capacidad de los acumuladores



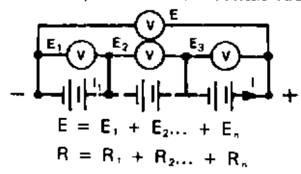
$C = I \cdot t$; $I = \frac{C}{t}$; $t = \frac{C}{I}$

$Q_2 = Q_1 \cdot \eta$; $\eta = \frac{Q_2}{Q_1}$

C = Capacidad del acumulador en Ah (amperios hora)
I = Intensidad de la corriente (continua) en A (amperios)
t = Tiempo en horas
Q_1 = Cantidad de electricidad acumulada, en Ah
Q_2 = Cantidad de electricidad potencial o devuelta.
η = Rendimiento del acumulador.

Acoplamiento de acumuladores

a) En serie, elementos de las mismas características



$E = E_1 \cdot n$; $I = I_1$

$C = C_1$; $R = R_1 \cdot n$

E Fuerza electromotriz total de la batería, en V
E_1 Fuerza electromotriz de un elemento
I intensidad total de la batería, en A
I_1 intensidad de un elemento
C Capacidad de la batería
C_1 Capacidad de un elemento
R Resistencia de toda la batería
R_1 Resistencia de un elemento

La fuerza electromotriz (FEM) de la batería es igual a la de la suma de todos los elementos.
La capacidad e intensidad de la batería son iguales a las de un elemento.
La resistencia de toda la batería es igual a la resistencia de un elemento.

b) En serie, baterías de distintas fuerzas electromotrices.

$E = E_1 + E_2 ... + E_n$

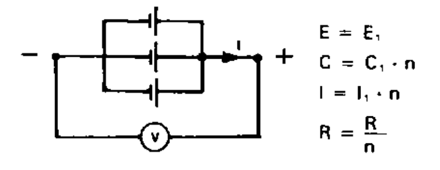
$R = R_1 + R_2 ... + R_n$

E_1, E_2, ...E_n Fuerza electromotriz de cada batería.
R_1, R_2, ...R_n Resistencia de cada batería.
E Fuerza electromotriz del conjunto de baterías.
R Resistencia del conjunto de baterías.

La capacidad del conjunto de baterías es igual a la de la batería de menor capacidad.

La intensidad A del conjunto de baterías es igual a la de la batería de menor intensidad.

c) Acoplamiento de acumuladores en paralelo.



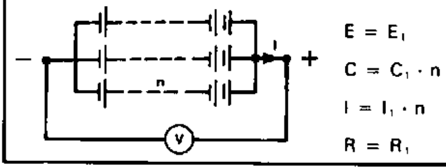
$E = E_1$
$C = C_1 \cdot n$
$I = I_1 \cdot n$
$R = \frac{R}{n}$

La fuerza electromotriz total es igual a la de un solo elemento.

La capacidad e intensidad son iguales a la suma de las de todos los elementos.

La resistencia total es igual a la de un solo elemento.

d) Acoplamiento en paralelo de baterías de las mismas características.



$E = E_1$
$C = C_1 \cdot n$
$I = I_1 \cdot n$
$R = R_1$

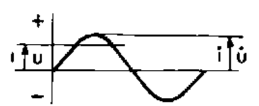
La fuerza electromotriz del conjunto es igual a la de una sola batería.

La capacidad e intensidad del conjunto es igual a los de las sumas de todas las baterías.

La resistencia del conjunto es igual a la resistencia de una batería.

CORRIENTE ALTERNA.—ACCIONES Y RELACIONES

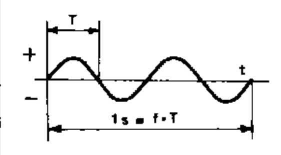
Valor eficaz y valor de cresta



$I = \frac{\hat{I}}{\sqrt{2}}$; $U = \frac{\hat{U}}{\sqrt{2}}$

$\hat{I} = \sqrt{2} \cdot I$; $\hat{U} = \sqrt{2} \cdot U$

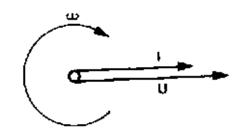
Frecuencia y período



$f = \frac{1}{T}$; $T = \frac{1}{f}$

$f \cdot T = 1$

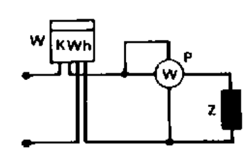
Velocidad angular



$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

$f = \frac{\omega}{2 \cdot \pi}$

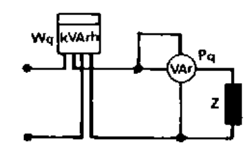
Energía activa



$W = P \cdot t$

$P = \frac{W}{t}$; $t = \frac{W}{P}$

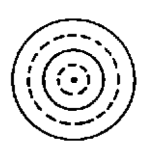
Energía reactiva



$W_q = P_q \cdot t_h$

$P_q = \frac{W_q}{t_h}$; $t_h = \frac{W_q}{P_q}$

Frecuencia y longitud de onda



$\lambda = \frac{c}{f}$

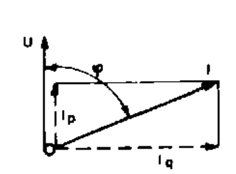
$c = \lambda \cdot f$; $f = \frac{c}{\lambda}$

- I Valor eficaz de la intensidad de corriente en amperios (A)
- U Valor de la tensión en voltios (V)
- $\hat{I}$ Valor de cresta de la intensidad (A)
- $\hat{U}$ Valor de cresta de la tensión (V)
- $\sqrt{2}$ Factor de forma.
- f Frecuencia en Hz (herzios).
- T Duración del período en segundos
- t Tiempo en segundos
- ω Velocidad angular o período en 1 segundo.
- W Energía activa en VAh (KWAh)
- W_q Energía reactiva en VArh (KWArh)
- P_q Potencia reactiva en VArh
- t_h Tiempo en horas
- λ Longitud de onda en m
- c Velocidad de la luz en m/seg (= 300.000.000 m/seg).
- Z Impedancia en Ω (resistencia aparente).

Instalaciones eléctricas

CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA.— ACCIONES Y RELACIONES

Corriente de línea



Corriente de linea

$$I = \sqrt{I_p^2 + I_q^2} = \frac{P_s}{U}$$

$$I = \frac{I_p}{\cos \varphi} \quad \frac{I_q}{\operatorname{sen} \varphi}$$

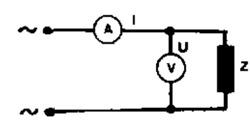
Corriente activa

$$I_p = I \cdot \cos \varphi = \sqrt{I^2 - I_q^2}$$

Corriente reactiva

$$I_q = I \cdot \operatorname{sen} \varphi = \sqrt{I^2 - I_p^2}$$

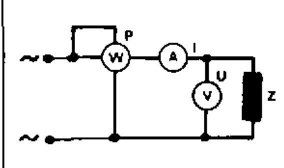
Resistencia aparente



$$Z = \frac{U}{I}$$

$$I = \frac{U}{Z}; \quad U = I \cdot Z$$

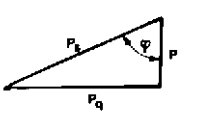
Potencia



Potencia aparente

$$P_s = I \cdot U = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{P_q}{\operatorname{sen} \varphi}$$

$$P_s = \sqrt{P_s^2 \cdot P_q^2}; \; I = \frac{P_s}{U}; \; U = \frac{P_s}{I}$$



Potencia activa

$$P = P_s \cdot \cos \varphi = \sqrt{P_s^2 - P_q^2}$$

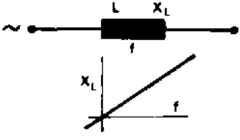
Potencia reactiva

$$P_q = P_s \cdot \operatorname{sen} \varphi = \sqrt{P_s^2 - P^2}$$

Factor de potencia

$$\cos \varphi = \frac{P}{P_s}$$

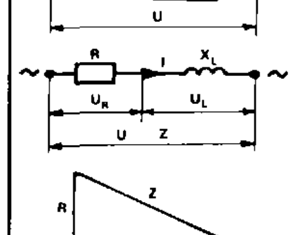
Reactancia



$$X_L = L \cdot \omega$$

$$L = \frac{X_L}{\omega}; \quad \omega = \frac{X_L}{L}$$

Impedancia



$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \frac{U}{I}$$

$$R = \sqrt{Z^2 - X_L^2}; \; U = I \cdot Z$$

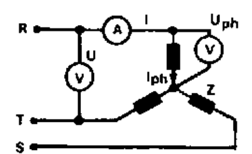
$$X_L = \sqrt{Z^2 - R^2}; \; I = \frac{U}{Z}$$

$$U_R = I \cdot R; \; U_L = I \cdot X_L$$

- I Intensidad de corriente de línea (A)
- I_p Intensidad activa (A)
- I_q Intensidad reactivo (A)
- U Tensión en voltios (V)
- U_R Tensión en el borne de la resistencia ohmica (V)
- U Tensión en los bornes de la inductancia (V)
- P Potencia activa en W
- P_q Potencia reactiva en VAr
- P_s Potencia aparente en VA
- Z Impedancia en Ω
- L Inductancia en henrios (H)
- X_L Reactancia de inducción en Ω
- ω Velocidad angular en $\frac{1}{\text{seg.}}$

CORRIENTE ALTERNA TRIFÁSICA. — ACCIONES Y RELACIONES

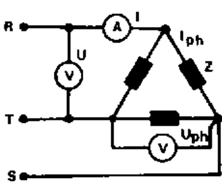
Tensión



Acoplamiento en estrella

$U = \sqrt{3} \cdot U_{ph}$; $I = I_{ph}$

$U_{ph} = \frac{U}{\sqrt{3}} = I_{ph} \cdot Z$



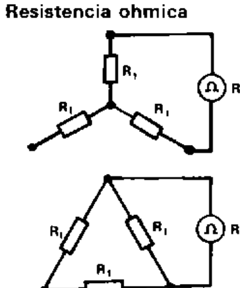
Acoplamiento en triángulo

$U = U_{ph}$

$I = \sqrt{3} \cdot I_{ph}$

$I_{ph} = \frac{I}{\sqrt{3}}$

Resistencia ohmica



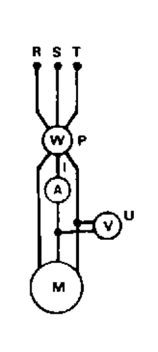
Acoplamiento en estrella

$R_1 = \frac{R}{2}$; $R = 2 \cdot R_1$

Acoplamiento en triángulo

$R_1 = \frac{3}{2} \cdot R$; $R = \frac{2}{3} \cdot R_1$

Potencia



Potencia aparente

$P_s = \sqrt{3} \cdot I \cdot U = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{P_q}{\operatorname{sen}\varphi}$

$P_s = \sqrt{P^2 + P_q^2}$

$I = \frac{P_s}{\sqrt{3} \cdot U}$; $U = \frac{P_s}{\sqrt{3} \cdot I}$

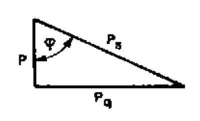
Para $\cos\varphi$ < 1, > 0

$P_{sE} = \frac{U^2}{Z}$; $P_{sT} = 3 \cdot \frac{U^2}{Z}$

Potencia activa

$P = P_s \cdot \cos\varphi = \sqrt{P_s^2 - P_q^2}$

$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$



Receptores ohmicos

$P_E = \frac{U^2}{R}$; $P_T = \frac{3 \cdot U^2}{R}$

Potencia reactiva

$P_q = P_s \cdot \operatorname{sen}\varphi = \sqrt{P_s^2 - P^2}$

$P_q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \operatorname{sen}\varphi$

- I Intensidad de la corriente en la línea (A)
- I_{ph} Intensidad entre fases (A)
- U Tensión compuesta (V)
- U Tensión simple (V)
- P Potencia activa en W
- P_s Potencia aparente (W)
- P_q Potencia reactiva (VAr)
- P_E Potencia activa en acoplamiento en estrella (W)
- P_T Potencia activa en acoplamiento en triángulo (W)
- P_{sE} Potencia aparente en acoplamiento en estrella (VA)
- P_{sT} Potencia aparente en acoplamiento en triángulo (VA)
- R Resistencia en ohmios (Ω)
- R_1 Resistencia de un elemento
- Z Impedancia en Ω
- $\sqrt{3}$ Factor de forma

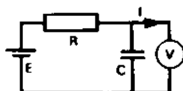
CORRIENTE ALTERNA TRIFASICA.— ACOPLAMIENTO DE CAPACIDADES

Definición

El condensador es un aparato para acumular electricidad, o un sistema que posee una elevada capacidad eléctrica. Generalmente está formado por dos placas o armaduras metálicas de sección S separadas s por un dieléctrico (espacio vacío o medio aislante capaz de mantener en su interior un campo dieléctrico).

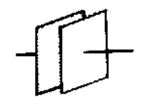
Capacidad de carga

La capacidad de carga de un condensador está expresada por:





$$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{s} = \frac{0{,}0885}{10^{-6}} \cdot \epsilon_r \cdot \frac{S}{s}\text{, faradios.}$$



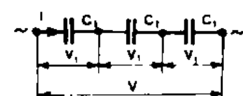
siendo: ϵ_r La constante dieléctrica
S La superficie de las armaduras en cm.
s La separación de las armaduras en cm.

CONSTANTES DIELÉCTRICAS ϵ_r

Material	ϵ_r	Material	ϵ_r	Material	ϵ_r
Aceite de transformador	2,2–2,5	Cera	1,85	Oxido de aluminio	6 9
Aire líquido	1,5	Cuarzo	4,3–4,6	Parafina	1,9–2,3
Aire (vacío)	1	Ebonita	2,5–3,2	Papel parafinado	3,6
Alquitrán	1,8	Goma laca	3	Papel seda	2
Ambar	5–8	Madera	3–6,5	Polietileno	2,5
Baquelita	2,7–2,95	Mármol	8	Porcelana	4,5–6
Caucho vulcanizado	2,7–2,95	Mica	5 7,8	Presspan	2,5–3,5
Celuloide	4	Naylon	1,6	Vidrio	3,5

Acoplamiento de capacidades

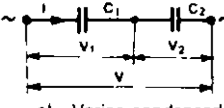
a) En serie. –Condensadores de la misma capacidad



$$C = \frac{C_1}{n}\,;\; C_1 = C \cdot n$$

$$V = V_1 \cdot n$$

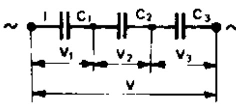
b) Dos condensadores diferentes



$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}\,;\; C_1 = \frac{C_2 \cdot C}{C_2 - C}$$

$$V = V_1 + V_2$$

c) Varios condensadores diferentes

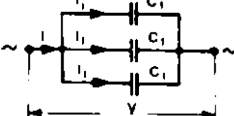


$$C = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \ldots + \frac{1}{C_n}}$$

$$V = V_1 + V_2 \ldots + V_n$$

C Capacidad total en μF (microfaradios)
C_1, C_2... C_n Capacidad de cada condensador en μF
I Corriente total en amperios
I_1, I_2... I_n Corriente (intensidad) de cada condensador.
V Tensión total en voltios.
V_1, V_2, ... V_n Tensión de cada condensador
n Número de condensadores.

d) En paralelo.— Condensadores de la misma capacidad.



$$C = C_1 \cdot n;\; C_1 = \frac{C}{n}$$

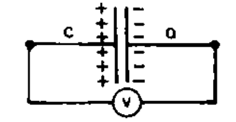
$$I = I_1 \cdot n;\; I_1 = \frac{I}{n}$$

e) Condensadores de distintas capacidades

$$C = C_1 + C_2 \ldots + C_3$$

$$I = I_2 + I_2 \ldots + I_3$$

Carga de un condensador



$$Q = 10^{-6} \cdot V \cdot C$$

$$V = \frac{10^6 \cdot Q}{C}$$

$$C = \frac{10^6 \cdot Q}{V}$$

Q Carga en amperios segundo
C Capacidad en μF
V Tensión en voltios

COEFICIENTES PARA MEJORAR EL FACTOR DE POTENCIA

Triángulo de potencias

El triángulo de potencias está formado por:

La potencia activa, $P = k \cdot V \cdot I \cdot \cos \varphi$, en vatios (W)

La potencia reactiva, $Px = k \cdot V \cdot I \cdot \text{sen } \varphi$, en voltiamperios reactivos (VAr)

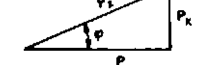
La potencia aparente, $Pz = k \cdot I \cdot V$, en voltiamperios (Va)

$Pz = \sqrt{P^2 + Px^2}$; en factor de potencia, $\cos \varphi = \frac{P}{Pz}$

Valor de k, $\begin{cases} = 1 \text{ en circuitos o receptores monofásicos} \\ = \sqrt{3} \text{ en circuitos o receptores trifásicos} \end{cases}$

Por medida en contadores, $\text{tg } \varphi = \frac{\text{contador de reactiva}}{\text{contador}} = \frac{\text{KW Arh}}{\text{KWh}}$

Rendimiento, $\eta = \frac{\text{Potencia activa}}{\text{Potencia aparente}} \times 100$



El factor de potencia, cos φ, puede mejorarse instalando en el circuito un condensador (potencia reactiva de capacidad, Pxz) pare reducir la potencia reactiva (autoinducción).

COEFICIENTES PARA MEJORA DEL FACTOR DE POTENCIA

Factor de potencia original %	*Factor de potencia a establecer*				
	100%	*95%*	*90%*	*85%*	*80%*
50	1,732	1,403	1,248	1,112	0,982
52	1,643	1,314	1,153	1,023	0,892
54	1,559	1,230	1,074	0,939	0,808
56	1,479	1,150	0,995	0,859	0,729
58	1,405	1,076	0,920	0,785	0,654
60	1,333	1,004	0,849	0,713	0,583
62	1,266	0,937	0,781	0,646	0,515
64	1,201	0,872	0,716	0,581	0,450
66	1,138	0,810	0,654	0,518	0,388
68	1,078	0,750	0,594	0,459	0,328
70	1,020	0,691	0,536	0,400	0,270
72	0,964	0,635	0,480	0,344	0,214
74	0,909	0,580	0,425	0,289	0,159
76	0,855	0,527	0,371	0,235	0,105
78	0,802	0,474	0,318	0,182	0,052
80	0,750	0,421	0,266	0,130	
82	0,698	0,369	0,214	0,078	
84	0,646	0,317	0,162	0,026	
86	0,593	0,265	0,109		
88	0,540	0,211	0,056		
90	0,484	0,155			
92	0,426	0,097			
94	0,363	0,034			
96	0,292				
98	0,203				

Ejemplo. — En una instalación a receptor de potencia de 120 KW, que tiene un factor original del 60% se quiere mejorarlo hasta el 85%. Cálculo de la potencia reactiva del condensador a instalar.

En la tabla, coeficiente de mejora, 0,713

Potencia reactiva del conductor, $Pxz = 0{,}713 \times 120 = 85{,}6$ KW Ar.

INTENSIDADES ABSORBIDAS POR MOTORES ELÉCTRICOS

Intensidad absorbida

La intensidad absorbida por los motores eléctricos, se expresa por:

$$I = \frac{735,4 \cdot P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi \cdot \eta}, \text{ amperios}$$

siendo:

- P La potencia del motor en CV
- V La tensión de la linea en voltios
- $\cos\varphi$ El factor de potencia
- η El rendimiento del motor

INTENSIDADES ABSORBIDAS POR MOTORES DE C. CONTINUA Y ALTERNA

Potencia util		Rendimiento	cos φ	Corriente continua				c.a.monofasica		c.a.bifásica	c.a.trifásica		
CV	KW	η		110 V	220 V	440 V	500 V	110 V	220 V	220 V	220 V	380 V	500 V
0,5	0,37	0,74	0,75	4,52	2,26	1,13	1,00	6,02	3,01	1,51	1,74	1,10	0,77
0,75	0,55	0,76	0,77	6,60	3,30	1,65	1,46	8,57	4,29	2,15	2,48	1,44	1,09
1	0,74	0,78	0,80	8,58	4,29	2,15	1,89	10,8	5,36	2,58	3,10	1,79	1,37
1,5	1,10	0,79	0,82	12,7	6,35	3,18	2,80	15,5	7,75	3,87	4,47	2,59	1,97
2	1,47	0,81	0,83	16,5	8,25	4,13	3,64	19,9	9,95	4,97	5,74	3,32	2,53
2,5	1,84	0,81	0,83	20,7	10,4	5,16	4,56	24,9	12,5	6,23	7,17	4,15	3,16
3	2,21	0,82	0,84	24,5	12,3	6,13	5,40	29,6	14,8	7,36	8,52	4,93	3,75
4	2,94	0,83	0,85	32,3	16,2	8,16	7,10	38,4	19,2	9,60	11,1	6,40	4,89
5	3,68	0,85	0,87	39,4	19,7	9,84	8,66	46,3	23,2	11,6	13,4	7,80	5,90
6	4,41	0,86	0,87	46,7	23,4	11,7	10,3	53,7	26,9	13,4	15,5	9,00	6,90
7	5,15	0,86	0,87	54,5	27,3	13,7	12,0	62,6	31,4	15,7	18,2	10,5	8,00
8	5,88	0,87	0,87	61,5	30,8	15,4	13,6	70,7	35,4	17,7	20,4	11,8	9,00
9	6,62	0,87	0,87	69,2	34,6	17,3	15,3	79,6	39,8	19,9	23,0	13,3	10,1
10	7,35	0,87	0,88	76,8	38,4	19,2	17,0	87,4	43,7	21,8	25,3	14,6	11,1
11	8,09	0,87	0,88	84,5	42,3	21,2	18,6	96,0	48,0	24,1	27,8	16,1	12,3
12	8,82	0,87	0,88	92,0	46,0	23,0	20,4	105	52,5	26,2	30,3	17,5	13,3
13	9,56	0,87	0,88	100	50,0	25,0	22,0	114	56,8	28,4	32,8	19,5	14,5
14	10,3	0,87	0,88	108	53,8	26,9	23,8	122	61,1	30,6	35,4	20,5	15,6
15	11,0	0,88	0,88	114	57,0	28,5	25,2	130	64,8	32,8	37,4	21,7	16,5
16	11,8	0,88	0,88	124	61,8	30,4	26,8	138	69,0	35,0	40,0	23,2	17,8
17	12,5	0,88	0,88	130	64,6	32,3	28,4	147	73,4	37,2	42,5	24,6	18,7
18	13,2	0,88	0,89	137	68,5	34,2	30,2	154	76,9	38,4	44,5	25,8	19,8
19	14,0	0,88	0,89	145	72,2	36,1	31,8	162	81,0	40,6	46,9	27,2	20,7
20	14,7	0,88	0,89	152	76,0	38,0	33,6	170	85,0	42,7	49,4	28,6	21,8
21	15,4	0,89	0,89	158	79,0	39,5	34,8	178	88,7	44,4	51,2	29,7	22,6
22	16,2	0,89	0,89	166	82,7	41,4	36,4	186	93,0	46,5	53,6	31,1	23,6
23	16,9	0,89	0,89	173	86,4	43,2	38,0	195	97,2	48,5	56,1	32,5	24,7
24	17,6	0,89	0,89	181	90,2	45,1	39,8	203	102	50,7	58,5	33,9	25,8
25	18,4	0,89	0,89	188	94,0	47,0	41,4	212	106	52,7	61,0	35,3	26,9
30	22,1	0,89	0,90	226	113	56,4	49,6	251	126	62,7	72,4	41,9	31,9
40	29,4	0,89	0,90	300	150	75,1	66,2	334	167	83,6	96,6	55,9	42,5
50	36,8	0,90	0,91	372	186	93,0	81,8	408	204	102	118	68,3	52,0
60	44,1	0,91	0,92	441	221	111	97,0	480	240	120	139	80,2	61,0
70	51,5	0,91	0,92	515	258	129	114	560	280	140	162	93,5	71,0
80	58,8	0,91	0,92	588	294	147	130	640	320	160	184	107	81,1
90	66,2	0,91	0,92	662	331	166	146	719	360	180	208	120	91,2
100	73,5	0,92	0,93	727	364	182	160	782	391	196	226	131	99,3
125	91,9	0,93	0,93	900	450	225	198	967	484	242	279	162	123
150	110	0,93	0,93	1080	540	270	238	1160	580	290	335	194	148
200	147	0,93	0,93	1440	720	360	317	1545	773	387	446	259	197

Nota.– Las intensidades expresadas pueden variar ligeramente según la especialización de cada fabricante.

Instalaciones eléctricas	CARACTERÍSTICAS DE MOTORES ELÉCTRICOS	TABLA 17 . 5

Número de revoluciones de los motores eléctricos

El número de revoluciones de un motor eléctrico es función de su número de polos y de la frecuencia de la corriente; resulta:

$$n = \frac{120 \cdot Hz}{n_p} = \frac{60 \cdot Hz}{2n_p}$$, revoluciones por minuto, siendo:

Hz La frecuencia en hertzios

n_p El número de polos; $2n_p$ el número de pares de polos

La frecuencia normal de la corriente eléctrica es de 50 Hz en Europa y 60 Hz en América.

REVOLUCIONES POR MINUTO SEGUN n_p Y Hz

N.° de polos	*R.p.m. a 50 Hz*	*R.p.m. a 60 Hz*	*N.° de polos*	*R.p.m. a 50 Hz*	*R.p.m. a 60 Hz*
2	3000	3600	12	500	600
4	1500	1800	14	428	514
6	1000	1200	16	375	450
8	750	900	18	333	400
10	600	720	20	300	360

Nota. El número de revoluciones se reduce en un 5% en los motores a plena carga (por resbalamiento).

INTENSIDADES DE ARRANQUE MÁXIMAS ADMISIBLES

Clase de corriente	*Potencia del motor*	*Int. de arranque / Int. plena carga*	*Clase de corriente*	*Potencia del motor*	*Int. de arranque / Int. plena carga*
Continua	De 0,75 a 1,5 kW	2,5	Alterna	De 0,75 a 1,5 kW	4,5
	De 1,5 a 5 kW	2		De 1,5 a 5 kW	3
	De 5 a 15 kW	1,5		De 5 a 15 kW	2
	De más de 15 kW	1,5		De más de 15 Kw	1,5

Nota.— En los motores de ascensores, grúas y aparatos de elevación en general, se considerará como intensidad normal, la de funcionamiento después del arranque, multiplicada por 1,3.

SECCION DE CONDUCTORES Y FUSIBLES PARA MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA

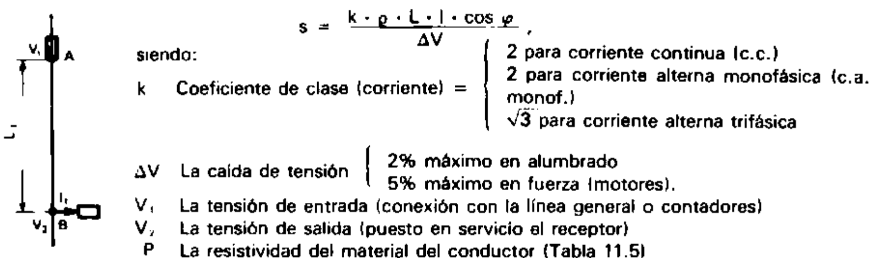
POTENCIA		*220 V*			*380 V*		
CV	*KW*	*Amperios por fase aprox.*	*Sección del conductor mm²*	*Corriente nominal fus. Amp.*	*Amperios por fase aprox.*	*Sección del conductor mm²*	*Corriente nominal fus. Amp.*
0,33	0,25	1,4	3 × 1	3	0,85	3 × 1	2
0,6	0,45	2,25	3 × 1,5	3	1,3	3 × 1	3
1	0,75	3,5	3 × 2,5	6	2	3 × 1,5	3
1,5	1,1	5	3 × 2,5	8	3	3 × 2,5	6
2	1,5	6,5	3 × 2,5	8	4	3 × 2,5	6
3	2,2	9	3 × 2,5	15	5	3 × 2,5	8
5	3,7	15	3 × 4	20	9	3 × 2,5	15
7,5	5,5	22	3 × 6	30	13	3 × 4	20
10	7,5	26	3 × 10	35	15	3 × 4	20
15	11	39	3 × 16	50	23	3 × 10	30
20	15	53	3 × 25	70	31	3 × 10	40
25	18,5	62	3 × 25	80	36	3 × 16	45
30	22	75	3 × 35	100	44	3 × 16	60
40	29,5	105	3 × 50	175	64	3 × 26	80
50	37	125	3 × 50	250	73	3 × 35	100
60	44,4	150	3 × 95	250	87	3 × 50	110
75	55,2	185	3 × 95	250	108	3 × 95	175

Nota.— Las secciones expresadas son para conductores en derivaciones cortas.

CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE CONDUCTORES ELECTRICOS
CONDUCTORES DE SECCIÓN CONSTANTE

Línea para un receptor

La sección de la línea está determinada por:



$$s = \frac{k \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\Delta V},$$

siendo:

k Coeficiente de clase (corriente) = 2 para corriente continua (c.c.); 2 para corriente alterna monofásica (c.a. monof.); $\sqrt{3}$ para corriente alterna trifásica

ΔV La caída de tensión: 2% máximo en alumbrado; 5% máximo en fuerza (motores).

V_1 La tensión de entrada (conexión con la línea general o contadores)

V_2 La tensión de salida (puesto en servicio el receptor)

ρ La resistividad del material del conductor (Tabla 11.5)

Ejemplo 1.°. – Cálculo de un conductor de cobre para alimentar a un receptor de 50 Amp. situado a 80 m de la toma general; línea de 220 V de corriente continua o monofásica ($k = 2$, y $\cos\varphi = 1$).

Considerando la caída de tensión máxima admisible, se tiene:

$$\Delta V = \frac{220 \times 2}{100} = 4{,}4 \text{ V}$$

La sección del conductor de cobre resulta:

$$s = \frac{2 \times 0{,}0175 \times 80 \times 50 \times 1}{4{,}4} = 31{,}8 \text{ mm}^2 \text{ (cable, } \varnothing \approx 6{,}5 \text{ mm)}.$$

Si el receptor fuese un motor alimentado por corriente alterna de 220 V ($k = \sqrt{3}$) que absorbe 49,4 amperios (20 CV, Tabla 16.5) con $\cos\varphi = 0{,}89$, para una caída de tensión de 4%, se tiene:

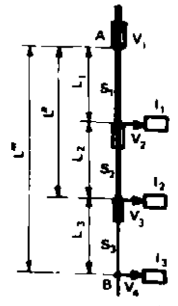
$$\Delta V = \frac{220 \times 4}{100} = 8{,}8 \text{ V}.$$

La sección del conductor (de cobre) resultaría:

$$s = \frac{\sqrt{3} \times 0{,}0175 \times 80 \times 49{,}4 \times 0{,}89}{8{,}8} = 12{,}11 \text{ mm}^2 \text{ (cable de 3,5 mm } \varnothing \text{, aprox.)}.$$

Línea para varios receptores

La sección de la línea se calculará por:



$$s = \frac{k \cdot \rho}{\Delta V} \cdot \Sigma\, L \cdot I \cdot \cos_m \varphi$$

$$\Sigma\, L \cdot I = L_1 \cdot I_1 + L_2 \cdot I_2 \ldots + L_n \cdot I_n;\ \cos_m \varphi = \frac{\cos\varphi_1 + \cos\varphi_2 \ldots + \cos\varphi_n}{n},$$

siendo n el número de receptores.

Ejemplo. – Cálculo de un conductor de aluminio para alimentar receptores de 25,3, 15,5 y 40 amperios situados a 50, 80 y 120 m respectivamente de la toma general de una línea de 220 V, en c.c. o c.a. monof. ($k = 2$; $\cos\varphi = 1$).

La caída máxima de tensión se considera que será del 2%, resultando:

$$\Delta V = \frac{220 \times 2}{100} = 4{,}4 \text{ V}$$

La sección del conductor de aluminio, es

$$s = \frac{2 \times 0{,}0284}{4{,}4} \times (25{,}3 \times 50 + 15{,}5 \times 80 + 40 \times 120) \times 1 = 94{,}3 \text{ mm}^2 \text{ (cable de} \approx 11 \text{ mm} \varnothing)$$

Si los receptores fuesen motores alimentados por corriente alterna de 220 V ($k = \sqrt{3}$), con $\cos\varphi_1 = 0{,}88$, $\cos\varphi_2 = 0{,}87$ y $\cos\varphi_3 = 0{,}88$ (Tabla 16.5), considerando la caída de tensión en un 4%, resultaría:

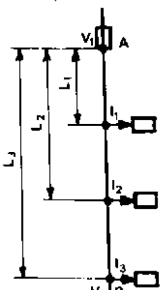
$$\Delta V = \frac{220 \times 4}{100} = 8{,}8 \text{ V},$$

y la sección del conductor de aluminio:

$$s = \frac{\sqrt{3} \times 0{,}0284}{8{,}8} \times (25{,}3 \times 50 + 15{,}5 \times 80 + 40 \times 120) \times \frac{0{,}88 + 0{,}87 + 0{,}88}{3} = 35{,}8 \text{ mm}^2 \text{ (cable de} \approx 7 \text{ mm} \varnothing).$$

CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE CONDUCTORES ELECTRICOS SECCIÓN VARIABLE Y LÍNEAS DE DISPOSICIÓN PARTICULAR

Línea para varios receptores, de sección decreciente



El cálculo se efectuará aisladamente para cada tramo o porción del circuito como se ha efectuado para el caso de un receptor (en la página anterior), considerando la longitud e intensidad correspondiente. En el caso de la figura que se representa, se hará:

Para s_1, $L' = L_1$; $I = I_1 + I_2 + I_3$; $\cos\varphi = \dfrac{\cos\varphi_1 + \cos\varphi_2 + \cos\varphi_3}{3}$; $\Delta V = \Delta V_1$

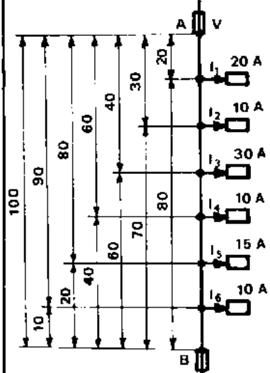
Para s_2, $L'' = L_1 + L_2$; $I = I_2 + I_3$; $\cos\varphi = \dfrac{\cos\varphi_2 + \cos\varphi_3}{2}$; $\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2$

Para s_3 , $L''' = L_1 + L_2 + L_3$; $I = I_3$; $\cos\varphi = \cos\varphi_3$; $\Delta V = \Delta V_1 + \Delta V_2 + \Delta V_3$

Normalmente se tomará el mismo material para toda la línea (cobre o aluminio), y para simplificar se puede considerar la misma caída de tensión (máxima) para todos los tramos

Línea alimentada por sus dos extremos

El cálculo se efectuará como parte de una línea que alimenta a varios receptores desde un extremo, limitando su longitud en el tramo de mínima intensidad del circuito. Se tiene



$$I_A = \Sigma I - \frac{\Sigma I \cdot L}{L} \; ; \; I_B = I - I_A$$

Para determinar el tramo de mínimo intensidad se considera:

$$I_A - (I_1 + I_2 \ldots - 1) > 0; \; I_B \, (I_n + I_{n-1} \ldots + 1) > 0$$

Ejemplo. — Cálculo de la línea representada en la figura, con las longitudes e intensidades absorbidas por los receptores que se indican, considerando que se alimenta por c.c. o c.a. monof. ($k = 2$; $\cos\varphi = 1$).

$$\Sigma I = 20 + 10 + 30 + 10 + 15 + 10 = 95 \text{ amperios}$$

$$I_A = \frac{20 \times 20 + 30 \times 10 + 40 \times 30 + 60 \times 10 + 80 \times 15 + 90 \times 10}{100} = 46 \text{ amp.}$$

$I_B = 95 - 46 = 49$ amp.
$46 - (20 + 10 - 1) = 19 > 0$; $49 - (10 + 15 + 10 + 1) = 15 > 1$

El punto de mínima intensidad corresponde al de la derivación 3, para la que resulta:

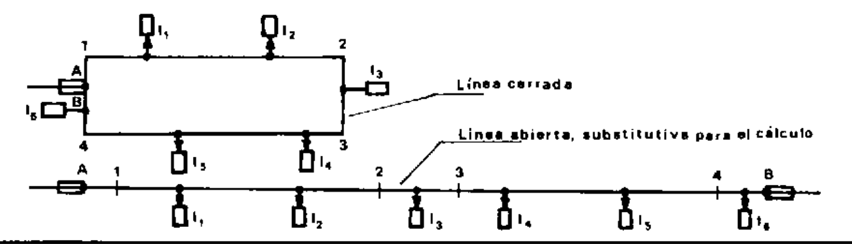
$$s_A = \frac{2 \times 0{,}0175 \times (20 \times 20 + 30 \times 10 + 40 \times 30) \times 1}{4{,}4} = 15{,}11 \text{ mm}^2.$$

$$s_B = \frac{2 \times 0{,}0175 \times (10 \times 10 + 20 \times 15 + 40 \times 10 + 60 \times 30) \times 1}{4{,}4} = 20{,}68 \text{ mm}^2$$

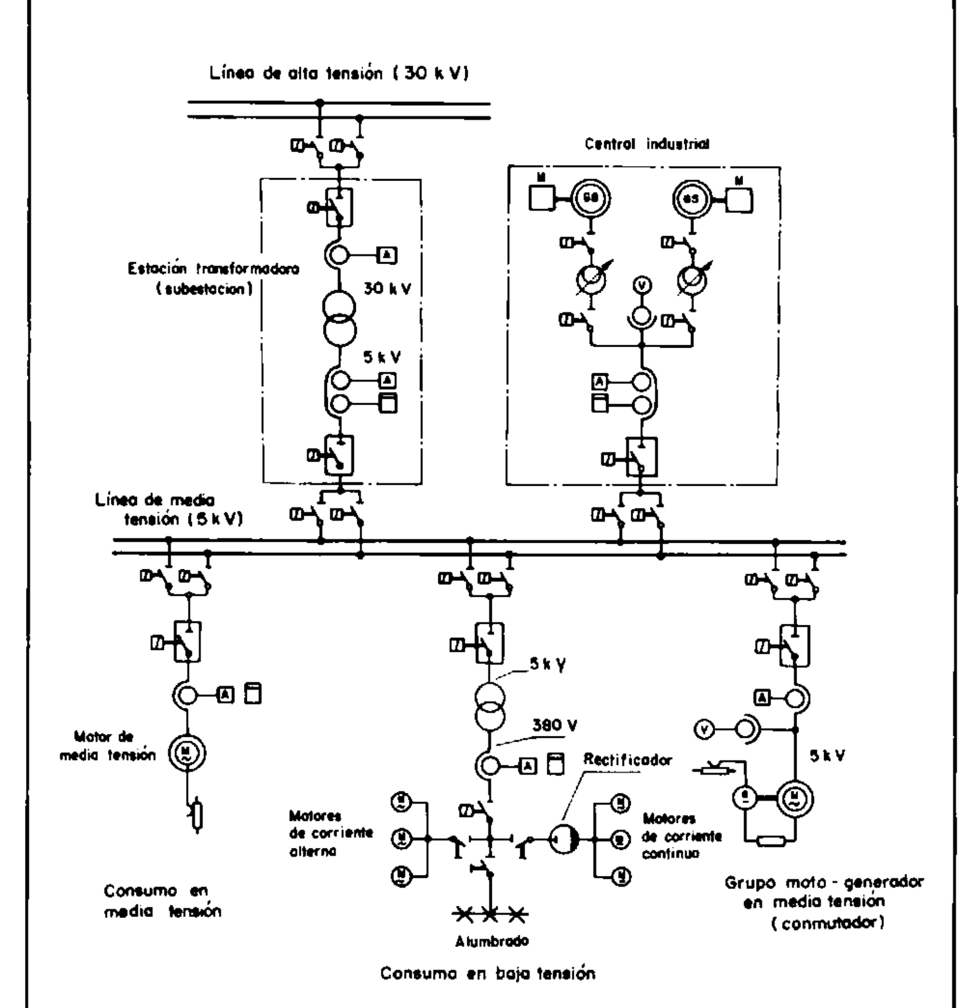
El conductor general (de cobre) corresponde a 20,68 mm² de sección (≈ 5,5 mm ∅)

Línea cerrada alimentada por un punto

El cálculo de una línea cerrada o malla se efectuará como si se tratara de una línea abierta alimentada por sus dos extremos (caso anterior), correspondiendo sus longitudes y derivaciones a las del perímetro desarrollado o alineado, como se representa en las figuras que siguen.



TRANSPORTE Y TRANSFORMACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA



Se ha representado lo que podía ser una estación transformadora de alta a media tensión, la central industrial y los medios de aplicación o de consumo de corriente de la gran industria, todo ello con exposición de los elementos y máquinas que se manifiestan en las Tablas 7.7.

SECCIÓN SEXTA

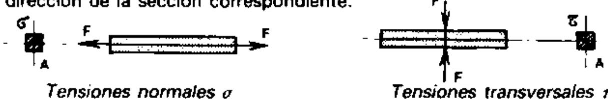
RESISTENCIA DE MATERIALES

TENSIÓN Y DEFORMACIÓN

Tensión

Tensión es la fuerza (σ o τ) que actúa sobre la unidad de superficie de sección transversal de un cuerpo, sometido a la acción de fuerzas externas.

Las tensiones normales (σ) obran perpendicularmente a la superficie A del cuerpo, y las transversales (τ) según las dirección de la sección correspondiente.



Tensiones normales σ *Tensiones transversales τ*

Deformación

Una barra de acero (homogéneo) de longitud l y sección A, sometida a la acción de dos fuerzas F de tracción según su eje, sufre en toda su longitud una tensión $\sigma = F/A$, y se produce en ella una variación de longitud $\Delta l = l_1 - l$, así como una variación de dimensión $\Delta d = d - d_1$; el alargamiento (acortamiento en la compresión) por unidad de longitud, es:

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{l_1 - l}{l}$$, que en % representa $\delta = \frac{\Delta l}{l} \times 100$.

La contracción transversal, resulta:

$$\epsilon_d = \frac{\Delta d}{d} = \frac{d - d_1}{d}$$

La relación $\mu = \frac{\epsilon_d}{\epsilon} = \frac{1}{m}$, es el coeficiente de Poisson ($\approx$ 0,3 para el acero).

La razón $E = \frac{\sigma}{\epsilon}$, es el módulo de elasticidad (Ley de Hooke) = 2.100.000 para el acero, y

$a_1 = \frac{1}{E} = \frac{\epsilon}{\sigma}$, es el módulo de alargamiento.

La variación de longitud de la barra se expresa según

$$\Delta l = \epsilon \cdot l = \frac{\sigma}{E} \cdot l, \text{ y también } \Delta l = \frac{F}{A} \cdot \frac{l}{E}.$$

Relación entre el alargamiento por tensión y el de dilatación por variación de temperatura

El alargamiento por dilatación, es $\Delta l = t^\circ \cdot \alpha \cdot l$, siendo t° la variación de temperatura (t), en °C y α el coeficiente de dilatación lineal por °C y unidad de longitud (0,000012 para el acero; Tabla 9.3, Dilatación lineal).

Haciendo $t^\circ \cdot \alpha \cdot l = \frac{F}{A} \cdot \frac{l}{E}$, $F = A \cdot E \cdot t^\circ \cdot \alpha$, siendo F la fuerza desarrollada en la dilatación (o contracción) por variación de temperatura.

Ejemplos 1.°. Una barra de acero de 50 mm⌀ y 3,0 m de longitud, está sometida a la acción de fuerzas de tracción F = 24 000 kg. Cálculo de la tensión y del alargamiento.

Sección, $A = \frac{\pi \times 50}{19,63} = 19,63$ cm²; $\sigma = \frac{24000}{19,63} = 1.223$ kg/cm².

Alargamiento, $\Delta l = \frac{24000}{19,63} \times \frac{300}{2100000} = 0,175$ cm (= 1,75 mm).

2.°. Una barra de acero de 50 mm⌀ y 3,0 m de longitud, es sometida a una variación de temperatura de 50° C. Cálculo de la dilatación y de la fuerza de tracción (o de compresión) si no se permite su dilatación (o contracción).

$$A = 19,63 \text{ cm}^2;\ \Delta l = 50 \times 0,000012 \times 300 = 0,18 \text{ cm } (= 1,8 \text{ mm}).$$

$$F = 19,63 \times 2100000 \times 50 \times 0,000012 = 24734 \text{ kg } \left(\sigma = \frac{24750}{19,63} = 1260 \text{ kg/cm}^2\right).$$

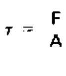
Resistencias y tensiones simples

Según la disposición de las fuerzas exteriores actuando sobre un cuerpo, éste puede estar sometido a esfuerzos de tracción, de compresión, de flexión, de cortadura y de torsión.

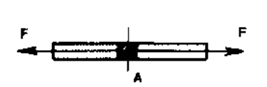
Se dice que un cuerpo está sometido a tensión simple, cuando se considera que a las fuerzas o fuerza a que está sometido, solamente opone una de las resistencias citadas.

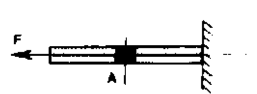
Tracción

Una barra recta de sección A, sometida a la acció de dos fuerzas F iguales, que actúan según su eje y en sentido opuesto dirigidas al exterior, se alarga o estira y sufre una tensión longitudinal uniforme de tracción, de valor:



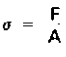
$$\tau = \frac{F}{A}$$





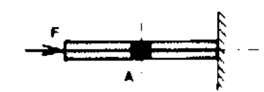
Compresión

Una barra recta de sección A, sometida a la acción de dos fuerzas F iguales, que actúan según su eje y en sentido opuesto dirigidas al interior, se contrae y sufre una tensión longitudinal uniforme de compresión, de valor:



$$\sigma = \frac{F}{A}$$





Flexión

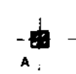
Si una barra está sometida a la acción de una fuerza F, perpendicularmente a su eje, se dobla o flexa, y considerando la flexión pura, sufre una tensión longitudinal variable, de valor máximo:

$$\sigma_{máx} = \pm \frac{M}{W} \text{ (tracción y compresión),}$$

siendo M el momento flector, y W el momento resistente de la barra.



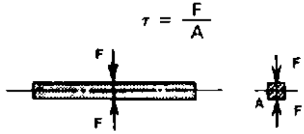




Cortadura

Una barra de sección A, sobre la que actúan dos fuerzas F iguales y dirigidas en sentido opuesto perpendicularmente a su eje en el mismo plano, que tienden a separar las dos porciones que hay a cada lado del plano de cortadura, sufre en este plano una tensión transversal uniforme, de valor:

$$\tau = \frac{F}{A}$$



Torsión

Si sobre una barra de sección A, actúan dos pares de fuerzas F, en sentido opuesto y perpendicularmente al eje, éstos tienden a hacer girar cada sección transversal respecto a las demás, sometiendo a las secciones de la barra a una tensión transversal uniforme, de valor:

$$\tau = \frac{M_t}{W_t},$$

siendo M_t el momento de torsión, y W_t el módulo de torsión de la barra.



Relación entre tensiones normales y transversales

Si un cuerpo o barra está solicitado por la acción de fuerzas exteriores que producen tensiones normales σ y transversales τ, estas tensiones pueden ser sustituidas por otra σ_r, que no debe ser superior a la tensión admisible σ_{ad}.

Para determinar la tensión reducida σ_r, se han establecido diversas hipótesis, especificando las siguientes:

a) Tensión reducida, según la hipótesis del alargamiento o de Bach.

$$\sigma_r = 0{,}35\sigma \pm 0{,}65 \sqrt{\sigma^2 + 4 (\alpha \cdot \tau)^2} \leqq \sigma_{ad} \; ; \; \alpha = \frac{\sigma_{ad}}{1{,}3 \cdot \tau_{ad}} .$$

b) Tensión reducida, según la hipótesis de la tensión transversal o de Mohr

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma^2 + 4 (\alpha \cdot \tau)^2} \leqq \sigma_{ad} \; ; \; \alpha = \frac{\sigma_{ad}}{2 \cdot \tau_{ad}} .$$

c) Tensión reducida, según la hipótesis de la invariabilidad de trabajo de cambio de forma.

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma^2 + 3 (\alpha \cdot \tau)^2} \leqq \sigma_{ad} \; ; \; \alpha = \frac{\sigma_{ad}}{1{,}73 \cdot \tau_{ad}} .$$

Para el acero, siendo $\sigma_{ad} = 0{,}8 \cdot \varrho_{ad}$, resulta:

a) Para la hipótesis del alargamiento:

$$\sigma_r = 0{,}35\sigma \pm 0{,}65 \sqrt{\sigma^2 + 3{,}7 \cdot \tau^2}$$

b) Para la hipótesis de la tensión transversal:

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma^2 + 1{,}56 \cdot \tau^2}$$

c) Para la hipótesis de la invariabilidad del trabajo de cambio de forma:

$$\sigma_r = \sqrt{\sigma^2 + 1{,}57 \cdot \tau^2}$$

La hipótesis del alargamiento no ha sido comprobada, y si lo han sido la de la tensión transversal y la del cambio de forma, utilizándose normalmente esta última.

Ejemplo. — Tensión en un eje de acero de 90 mm ∅, sometido a un momento flector de 5050 kg cm, y de otro de torsión de 6500 kg cm.

$$\text{Módulo de flexión, } W = \frac{\pi \times 9^3}{32} = 71{,}6 \text{ cm}^3.$$

$$\text{Módulo de torsión, } W_t = \frac{\pi \cdot 9^3}{16} = 143{,}1 \text{ cm}^3.$$

$$\sigma = \frac{5050}{71{,}6} = 70{,}5 \text{ kg/cm}^2 \; ; \; \tau = \frac{6500}{143{,}1} = 45{,}4 \text{ kg/cm}^2.$$

Según la hipótesis del alargamiento:

$$\sigma_r = 0{,}35 \times 70{,}5 + 0{,}65 \sqrt{70{,}5^2 + 3{,}7 \times 45{,}4^2} = 97{,}6 \text{ kg/cm}^2.$$

Según la hipótesis del cambio de forma:

$$\sigma_r = \sqrt{70{,}5^2 + 1{,}57 \times 45{,}4^2} = 90{,}6 \text{ kg/cm}^2.$$

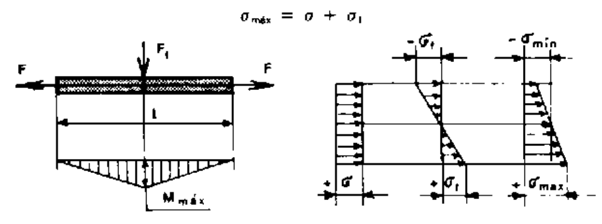
NOTA. Véase Tabla en las páginas 211, 212 y 221.

Generalidades	***TENSIONES COMPUESTAS:*** ***TRACCIÓN Y COMPRESIÓN CON FLEXIÓN, CORTADURA Y TORSIÓN***

Tracción y flexión

La tensión normal suficiente por tracción, $\sigma = \frac{F}{A}$ debida a las fuerzas de tracción F, se sumará con la tensión normal por flexión $\sigma_f = \frac{M}{W}$ (máxima en la sección del mayor momento flector producida por la fuerza F_f, para obtener la tensión máxima:

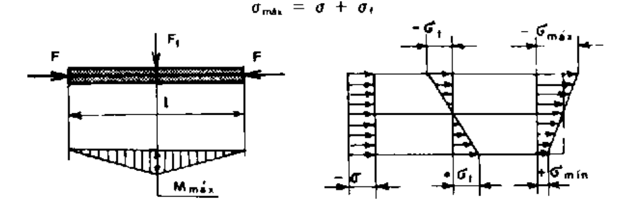
$$\sigma_{máx} = \sigma + \sigma_f$$



Compresión y flexión

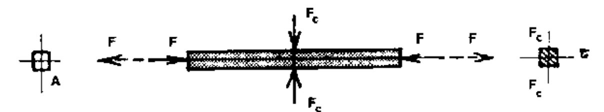
Como en la tracción y flexión, la tensión uniforme por compresión $\sigma = \frac{F}{A}$ debida a las fuerzas de compresión F, se sumará a la tensión normal por flexión $\sigma_f = \frac{M}{W}$ (máxima en la sección correspondiente al mayor momento flector) producida por la fuerza F_f, para obtener la tensión máxima:

$$\sigma_{máx} = \sigma + \sigma_f$$



Tracción o compresión y cortadura

La tensión normal uniforme por tracción o compresión, $\sigma = \pm \frac{F}{A}$ debido a las fuerzas F de tracción o de compresión, se compondrá con la tensión transversal de cortadura, $\tau_c = \frac{F_c}{A}$, localizada en el plano de las fuerzas F_c, para obtener la tensión reducida G_r, según las hipótesis conocidas.



Tracción o compresión y torsión

Como en el caso de la tracción o compresión y cortadura, la tensión normal uniforme por tracción o compresión, $\sigma = \pm \frac{F}{A}$ debida a las fuerzas F, se compondrá con la tensión transversal uniforme de torsión $\tau_t = \frac{M_t}{W_t}$ debida al par de fuerzas F_t, para obtener la tensión reducida σ_r, según las hipótesis conocidas.

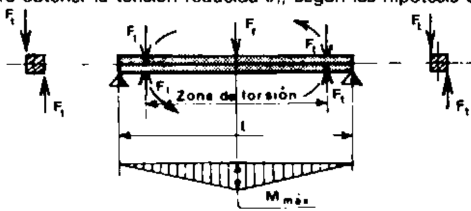
F_t F F F_t F_t F F F_t

F_t F_t Zona de torsión F_t F_t

TENSIONES COMPUESTAS: FLEXIÓN CON TORSIÓN Y CORTADURA, Y CORTADURA CON TORSIÓN

Flexión y torsión

La tensión normal por flexión, $\sigma = \frac{M}{W}$ (máxima en la sección del mayor momento flector) producida por las fuerzas F_f, se compondrá con la tensión transversal uniforme de torsión, $\tau_t = \frac{M_t}{W_t}$ debida al par de fuerzas F_t, para obtener la tensión reducida σ_r, según las hipótesis conocidas.



En el caso de barra cilindrica, siendo $W = \frac{\pi d^3}{32}$, y $W_t = \frac{\pi d^3}{16} = 2\ W$, se hace

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_t} = \frac{M_t}{2\ W}\text{, resultando:}$$

$$\sigma_r = \frac{0{,}35 \cdot M}{W} + 0{,}65 \sqrt{\left(\frac{M}{W}\right)^2 + 4\left(\alpha \cdot \frac{M_t}{2\ W}\right)^2}\text{, de donde}$$

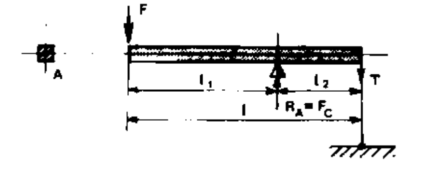
$$\sigma_r = \frac{M}{W}\,(0{,}35 + 0{,}65)\sqrt{1 + \left(\alpha \cdot \frac{M_t}{M}\right)^2}\text{, para la hipótesis del alargamiento.}$$

También, $\sigma_r = \sqrt{\left(\frac{M}{W}\right)^2 + 3\left(\alpha \cdot \frac{M_t}{2\ W}\right)^2}$, de donde:

$$\sigma_r = \frac{M}{W}\sqrt{1 + 0{,}75\left(\alpha \cdot \frac{M_t}{M}\right)^2}\text{, para la hipótesis del cambio de forma.}$$

Flexión y cortadura

La tensión normal por flexión, $\sigma = \frac{M}{W}$ (máxima en la sección del mayor momento flector), producido por las fuerzas F_f, se compondrá con la tensión transversal de cortadura, $\tau_c = \frac{F_c}{A}$ localizada en la sección correspondiente (en determinados casos, en los apoyos), para obtener la tensión reducida σ_r, según las hipótesis conocidas.



$F \cdot l_1 = T \cdot l_2$

$F_c = R_A = F + T$

Cortadura y torsión

La tensión transversal de cortadura, $\tau_c = \frac{F_c}{A}$ localizada en el plano de fuerzas F_c, se sumará a la también tensión transversal, uniforme, por torsión $\tau_t = \frac{M_t}{W_t}$ debida al par de fuerzas F_t, para determinar la tensión transversal máxima:

$\tau_{máx} = \tau_c + \tau_t$, que corresponde a determinados puntos de la sección de cortadura.

Grado o coeficiente de seguridad

El grado o coeficiente de seguridad, es la relación entre la tensión límite y la máxima admisible de un cuerpo sometido a la acción de fuerzas externas.

$$\nu = \frac{\text{tensión limite}}{\text{tensión máxima admisible}} \geqslant 1$$

Como tensión límite suele tomarse la rotura, σ_R, o la del límite de elasticidad (iniciación de las deformaciones permanentes) σ_E.

$$\text{Tensión máxima admisible, } \tau_{ad} = \frac{\text{tensión límite}}{\text{coeficiente de seguridad}};$$

La tensión máxima admisible será inferior al coeficiente de elasticidad, para evitar que las deformaciones sean permanente.

En la Tabla 1.6 se exponen características de materiales utilizados en la construcción de maquinaria, y los coeficientes de tensión o de trabajo admisibles para los mismos, considerando como casos de carga, I la estática permanente, II la alternativa de un valor máximo a cero, III la oscilante de un valor máximo positivo a máximo negativo.

En construcciones metálicas, la Norma MV-103 (de obligada observancia en el proyecto de estructuras o de elementos estructurales de acero laminado) dispone las condiciones de seguridad de estas estructuras, y prescribe las acciones ponderadas correspondientes, estableciendo coeficientes de ponderación de valor superior a la unidad que se aplicarán a las cargas (Tabla 2.6). Con las cargas mayoradas por los coeficientes de ponderación, la tensión admisible puede alcanzar la del coeficiente de elasticidad σ_E, resultando así la barra o pieza calculada, con un grado de seguridad respecto del expresado coeficiente de elasticidad, igual al coeficiente de mayoración (de 1,33 a 1,50).

Los tipos de acero laminado, utilizados en la construcción de elementos o de estructuras metálicas de edificación, son el A 42 y A 52, con límites elásticos σ_e = 2600 kg/cm² y σ_e = 3600 kg/cm² respectivamente; para tipos de acero, no garantizados como los citados A 42 y A 52, la resistencia de cálculo se hará:

$$\sigma_u = \frac{\sigma_e}{1,1}$$

Las características mecánicas y químicas de los aceros de construcción se exponen en la Tabla 21.3.

En los cálculos, como constantes elásticas de los aceros de construcción, se tomará:

Módulo de elasticidad .... E = 2.100.000 kg/cm²
Módulo de elasticidad transversal .... G = 810.000 kg/cm²
Coeficiente de Poisson .... μ = 0,33

Los productos de acero laminado se agrupan en series por las caracteriscas geométricas de su sección. Las series, normalizadas, se exponen en las Tablas 3.6 a 14.6.

Ejemplos. 1.°.—Una barra de acero tipo A 42 está sometida a una tensión de tracción de 1260 kg/cm². Cálculo de los coeficientes de seguridad.

$$\nu = \frac{42}{12,60} = 3,33, \text{ respecto del coeficiente mínimo de rotura}$$

$$\nu = \frac{2600}{1260} = 2,06 \text{ respecto del coeficiente de elasticidad}$$

2.°.—Una barra de acero de 50 mm ∅, con carga de tracción, mayorada (a 1,33), alcanza la tensión del coeficiente de elasticidad (2600 kg/cm²). Cálculo de la carga y tensión real.

$$\text{Sección, } A = \frac{\pi \times 5,0^2}{4} = 19,63 \text{ cm}^2\text{; carga mayorada } F^* = 19,63 \times 2600 = 51038 \text{ kg.}$$

$$\text{Carga real, } F = \frac{51038}{1,33} = 38374 \text{ kg; } \sigma = \frac{38374}{19,63} = 1955 \text{ kg/cm}^2 \left(= \frac{2600}{1,33}\right)$$

CARACTERÍSTICAS DE MATERIALES PARA CONSTRUCCIÓN DE MAQUINARIA

MATERIAL	Módulos		Características		Coeficientes de trabajo admisibles en kg/cm²															
	Elasticidad kg/cm²	Desgarramiento kg/cm²	Carga de rotura kg/mm²	Alargamiento %	Tracción			Compresión		Flexión			Cortadura			Torsión		
					I	II	III	I	II	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Acero suave	2.150 000	830 000	35 - 50	25 - 15	900 a 1500	600 a 1000	300 a 600	900 a 1500	600 a 1000	900 a 1500	600 a 1000	300 a 500	720 a 1200	480 a 800	240 a 400	800 a 1200	400 a 800	200 a 400
Acero duro	2.200 000	850 000	50 - 70	20 - 10	1200 a 1800	800 a 1200	400 a 600	1200 a 1800	800 a 1200	1200 a 1800	800 a 1200	400 a 600	960 a 1440	640 a 960	320 a 480	900 a 1440	600 a 960	300 a 480
Acero muelles	2.000 000	900 000	70 - 150	16 - 5						7500	5000					6000	4000	
Acero al níquel	2.150 000	850 000	45 - 60	20 - 16	1200 a 1800	800 a 1200	400 a 600	1200 a 1800	800 a 1200	1200 a 1800	800 a 1200	400 a 600	960 a 1440	640 a 960	320 a 480	900 a 1440	600 a 960	300 a 480
Acero cromo-níquel	2.080 000	850 000	85 - 115	20 - 13	2500	1600	900	2500	1600	2500	1600	900	2000	1300	700	2000	1300	700
Acero fundido	2.150 000	830 000	38 - 60	20 - 10	600 a 1200	400 a 800	200 a 400	900 a 1500	600 a 1000	750 a 1200	500 a 800	250 a 400	480 a 960	320 a 640	160 a 320	480 a 960	320 a 640	160 a 320
Fundición gris	750 000	300 000	11 - 36	—	300 a 350	200 a 230	100 a 120	900 a 1000	600 a 660	480 a 600	310 a 400	150 a 200	300 a 350	200 a 230	100 a 120	270 a 350	180 a 230	90 a 120
Fundición mecanizada	"	"	19 - 35	—	"	"	"	"	"	560 a 720	370 a 480	190 a 240	"	"	"	380 a 500	250 a 530	130 a 160
Fundición maleable	1.050 000	400 000	28 - 36	7,5 - 1	450 a 700	300 a 470	150 a 230	600 a 900	400 a 600	450 a 700	300 a 470	150 a 230				300 a 400	200 a 270	100 a 130
Cobre laminado	1.150 000		20 - 27	35 - 25	400 a 540	270 a 360	130 a 180	400 a 540	270 a 360	400 a 540	270 a 360	130 a 180						
Plomo	1.150 000		1,25	37														
Aluminio fundido	665 000	260 000	9 - 15	13 - 8	100 a 120	70 a 80	30 a 40			150 a 200	100 a 180	50 a 70						
Bronce fundido	1.200 000		35 - 60	30 - 10	400 a 500	270 a 330	130 a 170	400 a 500	270 a 330	400 a 500	270 a 330	130 a 170						
Bronce fosforoso	1.200 000		30 - 44	41 - 34	600 a 950	400 a 600	200 a 300	600 a 900	400 a 800	600 a 900	400 a 600	200 a 300	450 a 700	300 a 470	150 a 230	450 a 700	300 a 470	150 a 230
Latón	800 000		15	12	400 a 600	270 a 400	130 a 200	400 a 600	270 a 400	400 a 600	270 a 400	130 a 200	320 a 480	210 a 320	110 a 160	320 a 480	210 a 320	110 a 160
Metal delta	1.050 000		40 - 75	40 - 10	600 a 1000	400 a 670	200 a 330	600 a 1000	400 a 670	600 a 1000	400 a 670	200 a 330	480 a 800	320 a 530	160 a 270	480 a 800	320 a 530	160 a 270

Casos de carga. — I, Carga estática o permanente. II, Carga alternativa, de un valor máximo a cero. III, Carga oscilante de un valor máximo positivo a máximo negativo.

CASO DE CARGA		CLASE DE ACCION	Coeficiente de ponderación si el efecto de la acción es... Desfavorable		Favorable
CASO I	Ia	Acciones constantes	1,33	1,33	1,00
		Sobrecarga	1,33	1,50	0,00
		Viento	1,50	1,33	0,00
Acciones constantes y combinación de dos acciones variables independientes	Ib	Acciones constantes	1,33		1,00
		Sobrecarga	1,50		0,00
		Nieve	1,50		0,00
	Ic	Acciones constantes	1,33		1,00
		Viento	1,50		0,00
		Nieve	1,50		0,00
CASO II Acciones constantes y combinación de tres acciones variables independientes		Acciones constantes	1,33		1,00
		Sobrecarga	1,33		0,00
		Viento	1,33		0,00
		Nieve	1,33		0,00
CASO III Acciones constantes y combinación de cuatro acciones variables independientes, incluso las acciones sísmicas		Acciones constantes	1,00		1,00
		Sobrecarga	r (1)		0,00
		Viento	0,25 (2)		0,00
		Nieve	0,50 (3)		0,00
		Acciones sísmicas	1,00		0,00

(1) r es el coeficiente reductor para las cargas de la Norma Sismorresistente, que indica:
Caso 1º. Azoteas, viviendas y hoteles (salvo locales de reunión): r = 0,50
Caso 2º. Oficinas, comercios, calzadas y garajes: r = 0,60
Caso 3º. Hospitales, cárceles, edificios docentes, iglesias, edificios de reunión y espectáculos y salas de reuniones de hoteles: r = 0,80

(2) Sólo se considerará en construcciones en situación topográfica expuesta o muy expuesta (Norma MV 101).

(3) En caso de lugares en los que la nieve permanece acumulada habitualmente más de treinta días, en el caso contrario el coeficiente es 0,0

Consideraciones

En los aceros A42 y A52 como el coeficiente de minoración del acero $\gamma_a = 1$, resulta que la resistencia del cálculo σ_u es igual al límite elástico σ_e respectivo, $\sigma_u = 2{,}6$ t/cm² para el acero A42 y $\sigma_u = 3{,}6$ t/cm² para el A52. Aplicando a estos valores los coeficientes de ponderación de las acciones $\gamma_s = 1{,}33$ para las constantes y $\gamma_s = 1{,}50$ para las variables, resultaría:

$$\text{Acero A42,}\quad \sigma_{e\ ad} = \frac{2.600}{1{,}33} = 1.955\ \text{kg/cm}^2 \quad \text{y} \quad \sigma_{v\ ad} = \frac{2.600}{1{,}5} = 1.733\ \text{kg/cm}^2$$

$$\text{Acero A52,}\quad \sigma_{e\ ad} = \frac{3.600}{1{,}33} = 2.706\ \text{kg/cm}^2 \quad \text{y} \quad \sigma_{v\ ad} = \frac{3.600}{1{,}5} = 2.400\ \text{kg/cm}^2$$

En el supuesto de actuar solamente acciones constantes, se puede fijar desde un principio los coeficientes de trabajo admisibles ($\sigma_{e\ ad}$), circunstancia que no es posible para el caso de acciones constantes combinadas con variables, y así, por ejemplo, para el caso Ib, resultaría:

Acción constante, F_a, tensión admisible $\sigma_{c\ ad} = F_a \cdot 1{,}33$
Sobrecarga, F_s, tensión admisible $\sigma_{s\ ad} = F_s \cdot 1{,}50$
Nieve, F_n, tensión admisible $\sigma_{n\ ad} = F_n \cdot 1{,}50$

ΣF $\qquad$ $\Sigma F \cdot \gamma_s$

$$\text{Tensión máxima admisible,}\quad \sigma_{máx} = \frac{\Sigma F \cdot \gamma_s}{\Sigma F}$$

Esta tensión máxima admisible, estará comprendida entre 1.955 y 1.733 kg/cm² para el acero A42, y entre 2.706 y 2.400 kg/cm² para el A52, motivo por el cual los cálculos deben realizarse mayorando las acciones con ponderación y comprobando que la tensión máxima alcanzada no supera los valores:

$\sigma_{máx} \leq 2.600$ kg/cm² para el acero A42

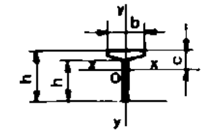
$\sigma_{máx} \leq 3.600$ kg/cm² para el acero A 52

Nota. — Las características y composición de los aceros para construcciones metálicas se exponen en la Tabla 21.3.

Productos de acero laminados	**PERFILES I PN**	TABLA 3, . 6

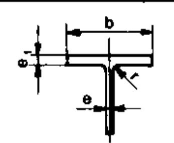
Perfil I PN	A	P	DIMENSIONES							AGUJEROS			TERMINOS DE SECCION										Suministro
			h	b	e = r	e_1	r_1	h_1	u	w	a	e_1	S_x	I_T	I_A	I_x	W_x	i_x	I_y	W_y	i_y	
	cm^2	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm^3	cm^4	cm^4	cm^4	cm^3	cm	cm^4	cm^3	cm	
8	7,58	5,96	80	42	3,9	5,9	2,3	59	304	22	—	5,83	11,4	0,93	87,5	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	C
10	10,6	8,32	100	50	4,5	6,8	2,7	75	370	28	—	6,59	19,9	1,72	268	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	P
12	14,2	11,2	120	58	5,1	7,7	3,1	92	439	32	—	7,49	31,8	2,92	885	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	P
14	18,3	14,4	140	66	5,7	8,6	3,4	109	502	34	11	8,53	47,7	4,66	1540	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	P
16	22,8	17,9	160	74	6,3	9,5	3,8	125	575	40	11	9,29	68,0	7,06	3138	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	P
18	27,9	21,9	180	82	6,9	10,4	4,1	142	640	44	13	10,19	93,4	10,3	5924	1450	161	7,20	81,3	19,8	1,71	P
20	33,5	26,3	200	90	7,5	11,3	4,5	159	709	48	13	11,09	125	14,6	10520	2140	214	8,00	117	26,0	1,87	P
22	39,5	31,1	220	98	8,1	12,2	4,9	175	775	52	13	11,99	162	20,1	17760	3060	278	8,80	162	33,1	2,02	P
24	46,1	36,2	240	106	8,7	13,1	5,2	192	844	56	17	12,89	208	27,0	28730	4250	354	9,59	221	41,7	2,20	P
26	53,4	41,9	260	113	9,4	14,1	5,6	208	906	60	17	13,86	257	36,1	44070	5740	442	10,4	288	51,0	2,32	P
28	61,1	48,0	280	119	10,1	15,2	6,1	225	966	62	17	15,03	316	47,8	64580	7590	542	11,1	364	61,2	2,45	P
30	69,1	54,2	300	125	10,8	16,2	6,5	241	1030	64	21	16,10	381	61,2	91850	9800	653	11,9	451	72,2	2,56	P
32	77,8	61,1	320	131	11,5	17,3	6,9	257	1090	70	21	16,99	457	78,2	128800	12510	782	12,7	555	84,7	2,67	P
34	86,8	68,1	340	137	12,2	18,3	7,3	274	1150	74	21	17,92	540	97,5	176300	15700	923	13,5	674	98,4	2,80	P
36	97,1	76,2	360	143	13,0	19,5	7,8	290	1210	76	23	19,19	638	123	240100	19610	1090	14,2	818	114	2,90	P
38	107	84,0	380	149	13,7	20,5	8,2	306	1270	82	23	19,98	741	150	318700	24010	1260	15,0	975	131	3,02	P
40	118	92,6	400	155	14,4	21,6	8,6	323	1330	86	23	21,01	857	183	419600	29210	1460	15,7	1160	149	3,13	P
45	147	115	450	170	16,2	24,3	9,7	363	1478	94	25	23,87	1200	288	791100	45850	2040	17,7	1730	203	3,43	P
50	180	141	500	185	18,0	27,0	10,8	404	1626	100	28	26,48	1620	449	1403000	68740	2750	19,6	2480	268	3,72	P
55	213	167	550	200	19,0	30,0	11,9	445	1787	110	28	29,30	2120	618	2389000	99180	3610	21,6	3490	349	4,02	P
60	254	199	600	215	21,6	32,4	13,0	485	1924	120	28	31,53	2730	875	3821000	139000	4630	23,4	4670	434	4,30	P

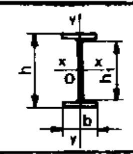
Productos de acero laminados	**MEDIOS PERFILES I PN**	TABLA 3, . 6

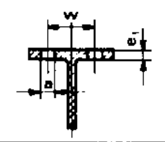


Perfil T PN	A	P	DIMENSIONES							AGUJEROS			C.g.	TERMINOS DE SECCION						Suministro
			h'	b	e = r	e_1	r_1	h_1'	u'	w	a	e_2	c	I_x	W_x	i_x	I_y	W_y	i_y	
	cm^2	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm^4	cm^3	cm	cm^4	cm^3	cm	
8	3,79	2,98	40	42	3,9	5,9	2,3	29	156	22	—	4,43	10,0	4,56	1,52	1,10	3,15	1,50	0,91	C
10	5,30	4,16	50	50	4,5	6,8	2,7	37	190	28		5,06	12,5	10,8	2,87	1,42	6,10	2,44	1,07	P
12	7,10	5,60	60	58	5,1	7,7	3,1	46	226	32	.	5,67	15,2	21,2	4,74	1,73	10,8	3,71	1,23	P
14	9,15	7,20	70	66	5,7	8,6	3,4	54	257	34	11	6,29	17,9	37,8	7,26	2,03	17,6	5,35	1,40	P
16	11,4	8,95	80	74	6,3	9,5	3,8	62	294	40	11	6,91	20,4	62,2	10,4	2,34	27,4	7,40	1,55	P
18	14,0	11,0	90	82	6,9	10,4	4,1	71	327	44	13	7,53	23,0	99,7	14,9	2,66	40,6	9,90	1,71	P
20	16,7	13,1	100	90	7,5	11,3	4,5	79	362	48	13	8,15	25,7	144	19,4	2,93	58,5	13,00	1,87	P
22	19,8	15,5	110	98	8,1	12,2	4,9	87	396	52	13	8,77	28,2	204	25,0	3,21	81,0	16,6	2,02	P
24	23,0	18,1	120	106	8,7	13,1	5,2	96	431	56	17	9,39	30,9	289	32,5	3,54	110	20,9	2,20	P
26	26,7	20,9	130	113	9,4	14,1	5,6	104	463	60	17	10,15	33,7	396	41,2	3,85	144	25,5	2,32	P
28	30,5	24,0	140	119	10,1	15,2	6,1	112	493	62	17	11,04	36,7	528	51,1	4,16	182	30,6	2,45	P
30	34,5	27,1	150	125	10,8	16,2	6,5	120	526	64	21	11,83	39,7	699	63,4	4,50	225	36,1	2,56	P
32	38,9	30,6	160	131	11,5	17,3	6,9	128	557	70	21	12,72	42,7	888	76,7	4,77	277	42,4	2,67	P
34	43,4	34,0	170	137	12,2	18,3	7,3	137	589	74	21	13,51	45,6	1130	90,9	5,10	337	49,2	2,80	P
36	48,6	38,1	180	143	13,0	19,5	7,8	145	617	76	23	14,50	48,7	1420	108	5,40	409	57,0	2,90	P
38	53,5	42,0	190	149	13,7	20,5	8,2	153	647	82	23	15,29	51,5	1740	126	5,71	488	65,5	3,02	P
40	58,9	46,2	200	155	14,4	21,6	8,6	161	680	86	23	16,18	54,7	2150	148	6,04	580	74,5	3,13	P
45	73,4	57,6	225	170	16,2	24,3	9,7	181	756	94	25	18,55	61,7	3360	206	6,76	866	101	3,43	P
50	89,7	70,4	250	185	18,0	27,0	10,8	202	831	100	28	20,53	70,0	5210	289	7,61	1240	134	3,72	P
55	106	83,3	275	200	19,0	30,0	11,9	222	918	110	28	23,00	75,5	7390	371	8,33	1740	174	4,02	P
60	127	99,6	300	215	21,6	32,4	13,0	242	984	120	28	24,86	86,0	10820	503	9,23	2340	217	4,30	P

Productos de acero laminados	PERFILES I P3	TABLA 4_1 . 6

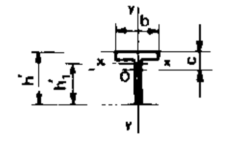






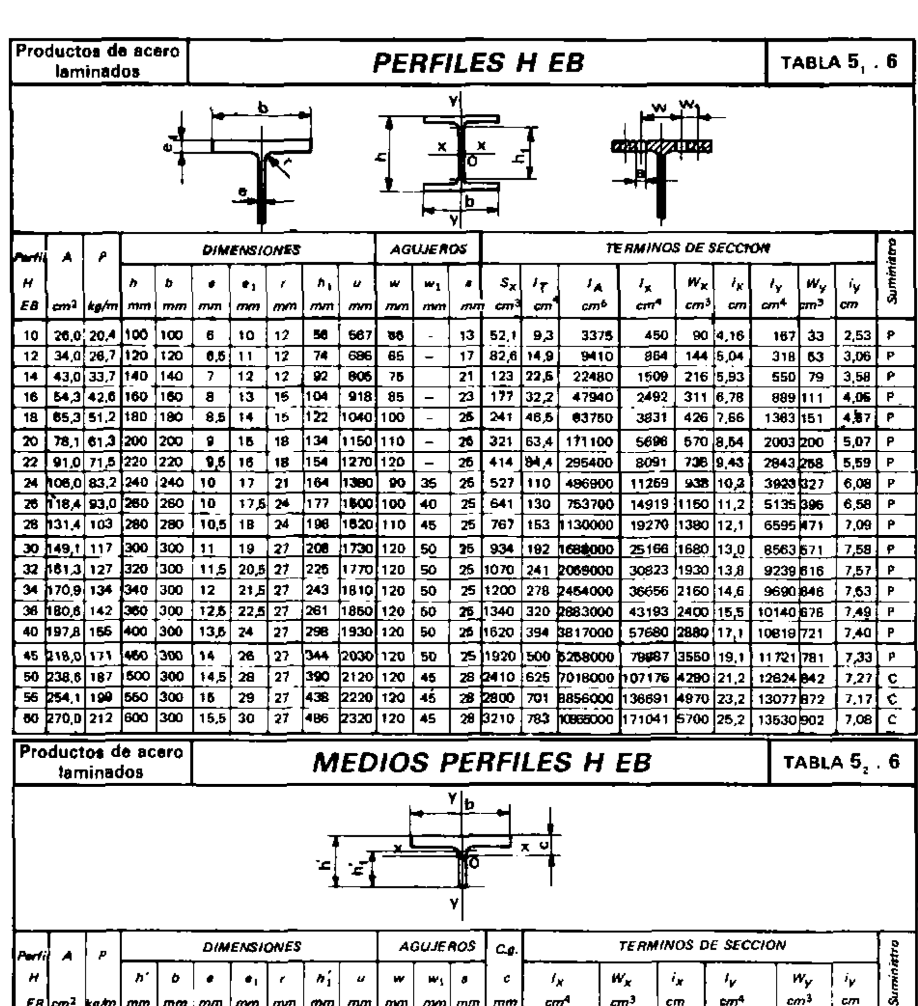
Perfil I PE	A cm^2	P kg/m	DIMENSIONES h mm	b mm	e mm	e_1 mm	r mm	h_1 mm	u mm	AGUJEROS w mm	a mm	e_2 mm	TERMINOS DE SECCION S_x cm^3	I_T cm^4	I_A cm^6	I_x cm^4	W_x cm^3	i_x cm	I_y cm^4	W_y cm^3	i_y cm	Suministro
8	7,64	6,0	80	46	3,8	5,2	5	60	328	–	–	5,2	11,6	0,72	118	80,1	20,0	3,24	8,5	3,7	1,05	C
10	10,3	8,1	100	55	4,1	5,7	7	65	400	–	–	5,7	19,7	1,14	351	171	34,2	4,07	15,9	5,8	1,24	C
12	13,2	10,4	120	64	4,4	6,3	7	93	475	35	–	6,3	30,4	1,77	890	318	53,0	4,90	27,7	8,6	1,45	C
14	16,4	12,9	140	73	4,7	6,9	7	112	551	40	11	6,9	44,2	2,63	1981	541	77,3	5,74	44,9	12,3	1,65	C
16	20,1	15,8	160	82	5,0	7,4	9	127	623	44	13	7,4	61,9	3,64	3959	869	109	6,58	68,3	16,7	1,84	P
18	23,9	18,8	180	91	5,3	8,0	9	146	698	48	13	8,0	83,2	5,06	7431	1320	146	7,42	101	22,2	2,05	P
20	28,5	22,4	200	100	5,6	8,5	12	159	788	52	13	8,5	110	6,67	12990	1940	194	8,26	142	28,5	2,24	P
22	33,4	26,2	220	110	5,9	9,2	12	178	848	58	17	9,2	143	9,15	22670	2770	252	9,11	205	37,3	2,48	P
24	39,1	30,7	240	120	6,2	9,8	15	190	922	65	17	9,8	183	12,0	37390	3890	324	9,97	284	47,3	2,69	P
27	45,9	36,1	270	135	6,6	10,2	15	220	1040	72	21	10,2	242	15,4	70580	5790	429	11,2	420	62,2	3,02	P
30	53,8	42,2	300	150	7,1	10,7	15	249	1160	80	23	10,7	314	20,1	125900	8360	557	12,5	604	80,5	3,35	P
33	62,6	49,1	330	160	7,5	11,5	18	271	1250	85	25	11,5	402	26,5	199100	11770	713	13,7	788	98,5	3,55	P
36	72,7	57,1	360	170	8,0	12,7	18	299	1350	90	25	12,7	510	37,3	313600	16270	904	15,0	1040	123	3,79	P
40	84,5	66,3	400	180	8,6	13,5	21	331	1470	95	28	13,5	654	48,3	490000	23130	1160	16,5	1320	146	3,95	P
45	98,8	77,6	450	190	9,4	14,6	21	379	1610	100	28	14,6	851	65,9	791000	33740	1500	18,5	1680	176	4,12	P
50	116	90,7	500	200	10,2	16,0	21	426	1740	110	28	16,0	1100	91,8	1249000	48200	1930	20,4	2140	214	4,31	P
55	134	106	550	210	11,1	17,2	24	468	1880	115	28	17,2	1390	122	1884000	67120	2440	22,3	2670	254	4,45	C
60	156	122	600	220	12,0	19,0	24	514	2010	120	28	19,0	1760	172	2846000	92080	3070	24,3	3390	308	4,66	C

Productos de acero laminados	MEDIOS PERFILES I PE	TABLA 4_2 . 6



Perfil T PE	A cm^2	P kg/m	DIMENSIONES h' mm	b mm	e mm	e_1 mm	r mm	h_1' mm	u' mm	AGUJEROS w mm	a mm	e_2 mm	C.g. c mm	TERMINOS DE SECCION I_x cm^4	W_x cm^3	i_x cm	I_y cm^4	W_y cm^3	i_y cm	Suministro
8	3,82	3,00	40	46	3,8	5,2	5	30	168	–	–	5,2	0,96	4,8	1,58	1,12	4,25	1,85	1,05	C
10	5,15	4,05	50	55	4,1	5,7	7	32	205	–	–	5,7	1,19	10,3	2,70	1,41	7,95	2,90	1,24	C
12	6,60	5,20	60	64	4,4	6,3	7	46	241	35	–	6,3	1,40	19,3	4,20	1,71	13,9	4,33	1,45	C
14	8,20	6,45	70	73	4,7	6,9	7	56	280	40	11	6,9	1,62	33,2	6,14	2,01	22,5	6,15	1,65	C
16	10,1	7,90	80	82	5,0	7,4	9	63	316	44	13	7,4	1,83	52,9	8,57	2,29	34,2	8,35	1,84	P
18	12,0	9,40	90	91	5,3	8,0	9	73	354	48	13	8,0	2,05	80,2	11,6	2,59	50,5	11,1	2,06	P
20	14,2	11,2	100	100	5,6	8,5	12	79	390	52	13	8,5	2,25	117	15,1	2,86	71,3	14,2	2,24	P
22	16,7	13,1	110	110	5,9	9,2	12	89	430	58	17	9,2	2,45	166	19,3	3,14	103	18,7	2,48	P
24	19,6	15,4	120	120	6,2	9,8	15	96	467	65	17	9,8	2,62	227	24,2	3,40	142	23,7	2,69	P
27	23,0	18,1	135	135	6,6	10,2	15	110	527	72	21	10,2	2,97	345	32,8	3,87	210	31,1	3,02	P
30	26,9	21,1	150	150	7,1	10,7	15	124	587	80	23	10,7	3,32	509	43,6	4,35	302	40,3	3,35	P
33	31,3	24,6	165	160	7,5	11,5	18	135	633	85	25	11,5	3,65	717	55,8	4,79	394	49,3	3,55	P
36	36,4	28,6	180	170	8,0	12,7	18	149	683	90	25	12,7	3,98	993	70,8	5,22	521	61,5	3,79	P
40	42,3	33,2	200	180	8,6	13,5	21	165	744	95	28	13,5	4,52	1450	93,7	5,85	660	73,0	3,95	P
45	49,4	38,8	225	190	9,4	14,6	21	189	814	100	28	14,6	5,28	2220	129	6,70	840	88,0	4,12	P
50	57,8	45,4	250	200	10,2	16,0	21	213	880	110	28	16,0	6,01	3260	172	7,52	1073	107	4,31	P
55	67,2	52,8	275	210	11,1	17,2	24	234	961	115	28	17,2	6,78	4670	225	8,33	1335	127	4,45	C
60	78,0	61,2	300	220	12,0	19,0	24	257	1022	120	28	19,0	7,84	6500	288	9,13	1696	154	4,66	C

Productos de acero laminados	PERFILES H EB	TABLA 5₁ . 6

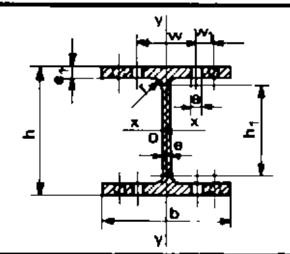


Perfil H EB	A cm²	P kg/m	h mm	b mm	e mm	e₁ mm	r mm	h₁ mm	u mm	w mm	w₁ mm	s mm	S_x cm³	I_T cm⁴	I_A cm⁶	I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm	Suministro
			DIMENSIONES							AGUJEROS			TERMINOS DE SECCION									
10	26,0	20,4	100	100	6	10	12	56	567	56	-	13	52,1	9,3	3375	450	90	4,16	167	33	2,53	P
12	34,0	26,7	120	120	6,5	11	12	74	686	65	–	17	82,6	14,9	9410	864	144	5,04	318	53	3,06	P
14	43,0	33,7	140	140	7	12	12	92	805	75		21	123	22,6	22480	1509	216	5,93	550	79	3,58	P
16	54,3	42,6	160	160	8	13	15	104	918	85	–	23	177	32,2	47940	2492	311	6,78	889	111	4,05	P
18	65,3	51,2	180	180	8,5	14	15	122	1040	100	-	25	241	46,5	63750	3831	426	7,66	1363	151	4,57	P
20	78,1	61,3	200	200	9	15	18	134	1150	110	–	25	321	63,4	171100	5696	570	8,54	2003	200	5,07	P
22	91,0	71,5	220	220	9,5	16	18	154	1270	120	–	25	414	84,4	295400	8091	736	9,43	2843	258	5,59	P
24	106,0	83,2	240	240	10	17	21	164	1380	90	35	25	527	110	486900	11259	938	10,3	3923	327	6,08	P
26	118,4	93,0	260	260	10	17,5	24	177	1500	100	40	25	641	130	753700	14919	1150	11,2	5135	395	6,58	P
28	131,4	103	280	280	10,5	18	24	196	1620	110	45	25	767	153	1130000	19270	1380	12,1	6595	471	7,09	P
30	149,1	117	300	300	11	19	27	208	1730	120	50	25	934	182	1680000	25166	1680	13,0	8563	571	7,58	P
32	161,3	127	320	300	11,5	20,5	27	225	1770	120	50	25	1070	241	2069000	30823	1930	13,8	9239	616	7,57	P
34	170,9	134	340	300	12	21,5	27	243	1810	120	50	25	1200	278	2454000	36656	2160	14,6	9690	646	7,53	P
36	180,6	142	360	300	12,5	22,5	27	261	1850	120	50	25	1340	320	2883000	43193	2400	15,5	10140	676	7,49	P
40	197,8	155	400	300	13,5	24	27	298	1930	120	50	25	1620	394	3817000	57680	2880	17,1	10819	721	7,40	P
45	218,0	171	450	300	14	26	27	344	2030	120	50	25	1920	500	5258000	79887	3550	19,1	11721	781	7,33	P
50	238,6	187	500	300	14,5	28	27	390	2120	120	45	28	2410	625	7018000	107176	4290	21,2	12624	842	7,27	C
55	254,1	199	550	300	15	29	27	438	2220	120	45	28	2800	701	8856000	136691	4970	23,2	13077	872	7,17	C
60	270,0	212	600	300	15,5	30	27	486	2320	120	45	28	3210	783	10865000	171041	5700	25,2	13530	902	7,08	C

Productos de acero laminados	MEDIOS PERFILES H EB	TABLA 5₂ . 6

Perfil H EB	A cm²	P kg/m	h' mm	b mm	e mm	e₁ mm	r mm	h'₁ mm	u mm	w mm	w₁ mm	s mm	C.g. c mm	I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm	Suministro
			DIMENSIONES							AGUJEROS				TERMINOS DE SECCION						
10	13,0	10,2	50	100	6	10	12	28	290	55	–	13	1,81	16	4,0	1,12	84	16,8	2,53	P
12	17,0	13,8	60	120	6,5	11	12	37	350	65	–	17	1,97	31	6,4	1,35	169	26,5	3,06	P
14	21,5	16,9	70	140	7	12	12	46	410	75	–	21	2,33	54	9,5	1,58	275	39,3	3,58	P
16	27,2	21,3	80	160	8	13	15	52	466	85	–	23	2,69	91	14,0	1,83	445	55,6	4,05	P
18	32,7	25,6	90	180	8,5	14	15	61	524	100	–	25	3,06	139	18,8	2,07	681	75,7	4,57	P
20	39,1	30,6	100	200	9	15	18	67	584	110	–	25	3,32	204	24,8	2,29	1002	100	5,07	P
22	45,5	35,7	110	220	9,5	16	18	77	645	120	–	25	3,68	289	31,8	2,52	1422	129	5,59	P
24	53,0	41,6	120	240	10	17	21	82	700	90	35	25	3,94	397	39,9	2,74	1961	163	6,08	P
26	59,2	46,5	130	260	10	17,5	24	88	760	100	35	25	4,15	512	47,3	2,94	2567	197	6,58	P
28	65,7	51,6	140	280	10,5	18	24	98	821	110	45	25	4,57	673	57,6	3,20	3297	236	7,09	P
30	74,6	58,5	150	300	11	19	27	104	876	120	50	25	4,82	871	69,4	3,42	4281	285	7,58	P
32	80,7	63,3	160	300	11,5	20,5	27	112	897	120	50	25	5,30	1097	82,3	3,69	4619	308	7,57	P
34	85,2	67,1	170	300	12	21,5	27	121	917	120	50	25	5,85	1362	96,7	3,99	4845	323	7,53	P
36	90,3	70,9	180	300	12,5	22,5	27	130	938	120	50	25	6,42	1671	112	4,30	5071	338	7,49	P
40	98,9	77,6	200	300	13,5	24	27	149	979	120	50	25	7,68	2437	149	4,96	5410	361	7,40	P
45	109	85,6	225	300	14	26	27	172	1009	120	50	25	9,09	3566	195	5,72	5861	391	7,33	P
50	119	93,7	250	300	14,5	28	27	195	1075	120	45	28	10,6	5020	249	6,49	6312	421	7,27	C
55	127	99,7	275	300	15	29	27	219	1125	120	45	28	12,3	6834	310	7,33	6583	436	7,17	C
60	135	106	300	300	15,5	30	27	243	1176	120	45	28	14,0	9060	381	8,19	6765	451	7,08	C

Productos de acero laminados	PERFILES H EA	TABLA 6 . 6

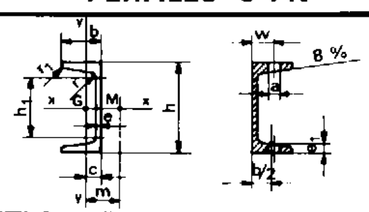


Perfil H EA	A	P	DIMENSIONES h	b	e	e_1	r	h_1	u	AGUJEROS w	w_1	a	TERMINOS DE SECCION S_x	I_T	I_A	I_x	W_x	i_x	I_y	W_y	i_y	Suministro
	cm²	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm³	cm⁴	cm⁶	cm⁴	cm³	cm	cm⁴	cm³	cm	
10	21,2	16,7	96	100	5	8	12	56	561	55	–	13	41,5	4,8	2581	349	73	4,06	134	27	2,51	C
12	25,3	19,9	114	120	5	8	12	74	677	65	–	17	59,7	5,8	6472	606	106	4,89	231	38	3,02	C
14	31,4	24,7	133	140	5,5	8,5	12	92	794	75	–	21	86,7	8,2	15060	1033	155	5,73	389	56	3,52	C
16	38,8	30,4	152	160	6	9	15	104	906	85	–	23	125	11,3	31410	1673	220	6,57	616	77	3,98	C
18	45,3	35,5	171	180	6	9,5	15	122	1020	100	–	25	162	14,7	60210	2510	294	7,45	925	103	4,52	C
20	53,8	42,3	190	200	6,5	10	18	134	1140	110	–	25	215	19,2	108000	3692	389	8,28	1336	134	4,98	C
22	64,3	50,5	210	220	7	11	18	152	1260	120	–	25	284	28,0	193300	5410	515	9,17	1955	178	5,51	C
24	76,8	60,3	230	240	7,5	12	21	164	1370	90	35	25	372	39,4	328500	7763	675	10,1	2769	231	6,00	C
26	86,8	68,2	250	260	7,5	12,5	24	177	1480	100	40	25	460	47,8	516400	10455	836	11,0	3668	282	6,50	C
28	97,3	76,4	270	280	8	13	24	196	1600	110	45	25	556	58,3	785400	13673	1010	11,9	4763	340	7,00	C
30	112,5	88,3	290	300	8,5	14	27	208	1720	120	50	25	692	77,7	1200000	18263	1260	12,7	6310	421	7,49	C
32	124,4	97,6	310	300	9	15,5	27	225	1760	120	50	25	814	105	1512000	22928	1480	13,6	6985	466	7,49	C
34	133,5	105	330	300	9,5	16,5	27	243	1790	120	50	25	925	127	1824000	27693	1680	14,4	7436	496	7,46	C
36	142,8	112	350	300	10	17,5	27	261	1830	120	50	25	1040	152	2177000	33090	1890	15,2	7887	526	7,43	C
40	159,0	125	390	300	11	19	27	298	1910	120	50	25	1280	197	2942000	45069	2310	16,8	8564	571	7,34	C
45	178,0	140	440	300	11,5	21	27	344	2010	120	50	25	1610	265	4148000	63722	2900	18,9	9465	631	7,29	C
50	197,5	155	490	300	12	23	27	390	2110	120	45	28	1970	347	5643000	86975	3550	21,0	10367	691	7,24	C
55	211,8	166	540	300	12,5	24	27	438	2210	120	45	28	2310	398	7189000	111932	4150	23,0	10819	721	7,15	C
60	226,5	178	590	300	13	25	27	486	2310	120	45	28	2680	454	8978000	141208	4790	25,0	11271	751	7,05	C

Productos de acero laminados	PERFILES H EN	TABLA 7 . 6

Perfil H EN	A	P	DIMENSIONES h	b	e	e_1	r	h_1	u	AGUJEROS w	w_1	a	TERMINOS DE SECCION S_x	I_T	I_A	I_x	W_x	i_x	I_y	W_y	i_y	Suministro
	cm²	kg/m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm³	cm⁴	cm⁶	cm⁴	cm³	cm	cm⁴	cm³	cm	
10	53,2	41,8	120	106	12	20	12	56	619	55	–	13	118	79	9925	1143	190	4,63	399	75	2,74	C
12	66,4	52,1	140	126	12,5	21	12	74	738	65	–	17	175	109	24790	2018	288	5,51	703	112	3,25	C
14	80,6	63,2	160	146	13	22	12	92	836	73	–	21	247	145	54330	3291	411	6,39	1144	157	3,77	C
16	97,1	76,2	180	166	14	23	15	104	970	85	–	23	337	190	108100	5098	566	7,25	1759	212	4,26	C
18	113,3	88,9	200	186	14,5	24	15	122	1080	95	-	25	442	241	199300	7483	748	8,13	2580	277	4,77	C
20	131,3	103	220	206	15	25	18	134	1200	105	–	25	568	301	346300	10620	967	9,00	3651	354	5,27	C
22	149,4	117	240	226	15,5	26	18	152	1320	115	–	25	710	372	572700	14605	1220	9,89	5012	444	5,79	C
24	199,6	157	270	248	18	32	21	164	1460	90	35	25	1060	751	1152000	24289	1800	11,0	8153	657	6,39	C
26	219,6	172	290	268	18	32,5	24	177	1570	100	40	25	1260	848	1728000	31307	2160	11,9	10449	780	6,90	C
28	240,2	189	310	288	18,5	33	24	196	1690	110	45	25	1480	957	2520000	39547	2550	12,8	13163	914	7,40	C
30	303,1	238	340	310	21	39	27	208	1830	120	50	25	2040	1690	4386800	59201	3480	14,0	19403	1252	8,00	C
32	312,0	245	359	309	21	40	27	225	1870	120	50	25	2220	1810	5004000	68135	3800	14,8	19709	1280	7,95	C
34	315,8	248	377	309	21	40	27	243	1900	120	50	25	2360	1820	5585000	76372	4050	15,6	19711	1280	7,90	C
36	318,8	250	395	308	21	40	27	261	1930	120	50	25	2490	1820	6137000	84867	4300	16,3	19522	1270	7,83	C
40	325,8	256	432	307	21	40	27	298	2000	120	50	25	2790	1830	7410000	104119	4820	17,9	19335	1260	7,70	C
45	335,4	263	478	307	21	40	27	344	2100	120	50	25	3170	1850	9252000	131484	5500	19,8	19339	1260	7,59	C
50	344,3	270	524	306	21	40	27	390	2180	120	50	28	3550	1860	11187000	161929	6180	21,7	19155	1250	7,46	C
55	354,4	278	572	306	21	40	27	438	2280	120	50	28	3970	1880	13516000	197984	6920	23,6	19158	1250	7,35	C
60	363,7	285	620	305	21	40	27	486	2370	120	50	28	4390	1890	15808000	237447	7660	25,6	18975	1240	7,22	C

Productos de acero laminados	# PERFILES U PN	TABLA 8 . 6

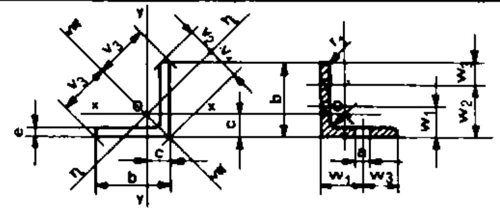


Perfil ⊏ PN	A cm^2	P kg/m	DIMENSIONES h mm	b mm	e mm	$e_1 = r$ mm	r_1 mm	h_1 mm	u mm	c mm	m mm	Agujeros w mm	a mm	TERMINOS DE SECCION S_x cm^3	I_T cm^4	I_x cm^4	W_x cm^3	i_x cm	I_y cm^4	W_y cm^3	i_y cm	Suministro
8	11,0	8,64	80	45	6	8	4	46	312	14,5	26,7	25	13	16,9	2,24	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	C
10	13,5	10,6	100	50	6	8,5	4,5	64	372	15,5	29,3	30	13	24,5	2,96	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	P
12	17,0	13,4	120	55	7	9	4,5	82	434	16,0	30,3	30	17	36,3	4,30	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	P
14	20,4	16,0	140	60	7	10	5	98	489	17,5	33,7	35	17	51,4	6,02	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	P
16	24,0	18,8	160	65	7,5	10,5	5,5	116	546	18,4	35,6	35	21	68,8	7,81	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	P
18	28,0	22,0	180	70	8	11	5,5	133	611	19,2	37,5	40	21	89,6	9,98	1350	150	6,95	114	22,4	2,02	P
20	32,2	25,3	200	75	8,5	11,5	6	151	661	20,1	39,4	40	23	114	12,6	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	P
22	37,4	29,4	220	80	9	12,5	6,5	167	718	21,4	42,0	45	23	146	17,0	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	P
24	42,3	33,2	240	85	9,5	13	6,5	184	775	22,3	43,9	45	25	179	20,8	3600	300	9,22	248	39,6	2,42	P
26	48,3	37,9	260	90	10	14	7	200	834	23,6	46,6	50	25	221	23,7	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	P
28	53,3	41,8	280	95	10	15	7,5	216	890	25,3	50,2	50	25	266	33,2	6280	448	10,9	399	57,2	2,74	P
30	58,8	46,2	300	100	10	16	8	232	950	27,0	54,1	55	25	316	40,6	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	P
32	75,8	59,5	320	100	14	17,5	8,75	246	982	26,0	48,2	55	25	413		10870	679	12,1	597	80,6	2,81	C
35	77,3	60,6	350	100	14	16	8	282	1047	24,0	44,5	55	25	459		12840	734	12,9	570	75,0	2,72	C
38	80,4	63,1	380	102	13,5	16	8	313	1110	23,8	45,8	60	25	507		15760	829	14,0	615	78,7	2,77	C
40	91,5	71,8	400	110	14	18	9	324	1182	26,5	51,1	60	25	618		20350	1020	14,9	846	102	3,04	C

ANOTACIONES ABREVIADAS UTILIZADAS EN LAS TABLAS

- A — Area bruta de la sección
- P — Peso en Kg. por metro lineal del perfil
- h — Altura del perfil
- h_1 — Altura de la parte plana del alma
- b — Anchura del ala del perfil
- e — Espesor del alma
- w — Gramil o distancia entre agujeros
- d — Diámetro del agujero
- c — Posición del eje y-y respecto de la cara exterior del alma (perfiles ⊏)
- m — Distancia del eje y-y al centro de esfuerzos cortantes (perfiles ⊏)
- u — Perímetro de la sección
- I_x — Momento de inercia de la sección respecto al eje x-x
- I_y — Momento de inercia de la sección respecto al eje y-y
- I_η — Momento de inercia de la sección respecto al eje η-η
- I_ξ — Momento de inercia de la sección respecto al eje ξ-ξ
- I_T — Módulo de torsión de la sección
- I_A — Módulo de alabeo de la sección
- W_x — Módulo resistente de la sección respecto al eje x-x
- W_y — Módulo resistente de la sección respecto al eje y-y
- W_η — Módulo resistente de la sección respecto al eje η-η
- W_ξ — Módulo resistente de la sección respecto al eje ξ-ξ
- S_x — Momento estático de media sección respecto al eje x-x

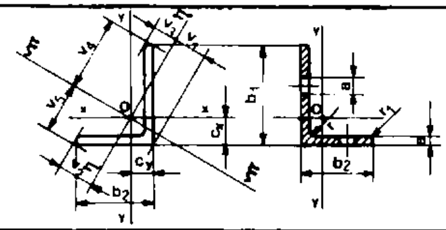
Productos de acero laminados	ANGULARES DE ALAS IGUALES	TABLA 9 . 6



Perfil L		A cm²	P kg/m	DIMENSIONES b mm.	e mm	r mm	r_1 mm	u mm.	POSICIONES c mm.	v_1 mm.	v_2 mm.	v_3 mm.	AGUJEROS w_1 mm.	w_2 mm.	w_3 mm.	a mm.	TERMINOS DE SECCION I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm.	I_η cm⁴	W_η cm³	i_η cm.	I_ξ cm⁴	i_ξ cm.	Suministro
40	4	3,08	2,42	40	4	6	3	155	11,2	16,8	14,0	28,3	22	–	18	11	4,47	1,55	1,21	1,86	1,17	0,78	7,09	1,52	P
	5	3,79	2,97	40	5	6	3	155	11,6	16,4	14,2	28,3	22	–	18	11	5,43	1,91	1,20	2,26	1,37	0,77	8,60	1,51	C
	6	4,48	3,52	40	6	6	3	155	12,0	17,0	14,3	28,3	22	–	18	11	6,31	2,26	1,19	2,65	1,56	0,77	9,98	1,49	C
45	4	3,49	2,74	45	4	7	3,5	174	12,3	17,6	15,7	31,8	25	–	20	13	6,43	1,97	1,36	2,67	1,53	0,88	10,2	1,71	P
	5	4,30	3,38	45	5	7	3,5	174	12,8	18,1	15,8	31,8	25	–	20	13	7,48	2,43	1,35	3,26	1,80	0,87	12,4	1,70	P
	6	5,09	4,00	45	6	7	3,5	174	13,2	18,7	15,9	31,8	25	–	20	13	9,16	2,88	1,34	3,82	2,05	0,87	14,5	1,69	C
50	4	3,89	3,06	50	4	7	3,5	194	13,6	19,2	17,5	35,4	30	–	20	13	8,97	2,46	1,52	3,72	1,94	0,98	14,2	1,91	P
	5	4,80	3,77	50	5	7	3,5	194	14,0	19,9	17,6	35,4	30	–	20	13	11,0	3,05	1,51	4,54	2,29	0,97	17,4	1,90	P
	6	5,69	4,47	50	6	7	3,5	194	14,5	20,4	17,7	35,4	30	–	20	13	12,8	3,61	1,50	5,33	2,61	0,97	20,3	1,89	C
	7	6,56	5,15	50	7	7	3,5	194	14,9	21,0	17,8	35,4	30	–	20	13	14,6	4,16	1,49	6,11	2,91	0,96	23,1	1,88	C
	8	7,41	5,82	50	8	7	3,5	194	15,2	21,6	18,0	35,4	30		20	13	16,3	4,68	1,48	6,87	3,19	0,96	25,7	1,86	C
60	5	5,82	4,57	60	5	8	4	233	16,4	23,2	21,1	42,4	35	–	25	17	19,4	4,45	1,82	8,02	3,45	1,17	30,7	2,30	P
	6	6,91	5,42	60	6	8	4	233	16,9	23,9	21,1	42,4	35	–	25	17	22,8	5,29	1,82	9,43	3,95	1,17	36,2	2,29	P
	8	9,03	7,09	60	8	8	4	233	17,7	25,0	21,4	42,4	35		25	17	29,2	6,89	1,80	12,2	4,86	1,16	46,2	2,26	C
	10	11,1	8,69	60	10	8	4	233	18,5	26,1	21,7	42,4	35	–	25	17	34,9	8,41	1,78	14,8	5,67	1,16	55,1	2,23	C
70	6	8,13	6,38	70	6	9	4,5	272	19,3	27,3	24,6	49,5	40	–	30	21	36,9	7,27	2,13	15,3	5,59	1,37	58,5	2,68	P
	7	9,40	7,38	70	7	9	4,5	272	19,7	27,9	24,7	49,5	40	–	30	21	42,3	8,41	2,12	17,5	6,27	1,36	67,1	2,67	P
	8	10,6	8,36	70	8	9	4,5	272	20,1	28,5	24,7	49,5	40		30	21	47,5	9,52	2,11	19,7	6,91	1,36	75,3	2,66	C
	10	13,1	10,3	70	10	9	4,5	272	20,9	29,6	25,0	49,5	40	–	30	21	57,2	11,7	2,09	23,9	8,10	1,35	90,5	2,63	C
80	8	12,3	9,63	80	8	10	5	311	22,6	31,9	28,2	56,6	45	–	35	23	72,2	12,6	2,43	29,9	9,36	1,56	115	3,06	P
	10	15,1	11,9	80	10	10	5	311	23,4	33,0	28,5	56,6	45		35	23	87,5	13,4	2,41	36,3	11,0	1,55	139	3,03	C
	12	17,9	14,0	80	12	10	5	311	24,1	34,1	28,9	56,6	45		35	23	102	18,2	2,39	42,7	12,5	1,55	161	3,00	C
90	8	13,9	10,9	90	8	11	5,5	351	25,0	35,3	31,7	63,6	50	–	40	25	104	16,1	2,74	43,1	12,2	1,76	166	3,45	P
	10	17,1	13,4	90	10	11	5,5	351	25,8	36,5	31,9	63,6	50	–	40	25	127	19,8	2,72	52,5	14,4	1,75	201	3,43	C
	12	20,3	15,9	90	12	11	5,5	351	26,6	37,6	32,2	63,6	50		40	25	148	23,3	2,70	61,7	16,4	1,74	234	3,40	C
100	8	15,5	12,5	100	8	12	6	390	27,4	38,7	35,2	70,7	45	60	40	25	145	19,9	3,06	59,8	15,5	1,96	230	3,85	P
	10	19,2	15,0	100	10	12	6	390	28,2	39,9	35,4	70,7	45	60	40	25	177	24,6	3,04	72,9	18,3	1,95	280	3,83	P
	12	22,7	17,8	100	12	12	6	390	29,0	41,1	35,7	70,7	45	60	40	25	207	29,1	3,02	85,7	20,9	1,94	328	3,80	C
	15	27,9	21,9	100	15	12	6	390	30,2	42,7	36,1	70,7	45	60	40	25	249	35,6	2,98	104	24,4	1,93	393	3,75	C
120	10	23,2	18,2	120	10	13	6,5	469	33,1	46,9	42,3	84,9	50	80	40	25	313	36,0	3,67	129	27,5	2,36	497	4,63	P
	12	27,5	21,6	120	12	13	6,5	469	34,0	48,0	42,6	84,9	50	80	40	25	368	42,7	3,65	152	31,5	2,35	584	4,60	P
	15	33,9	26,6	120	15	13	6,5	469	35,1	49,7	43,1	84,9	50	80	40	25	445	52,4	3,62	185	37,1	2,33	705	4,56	C
150	12	34,8	27,3	150	12	16	8	586	41,2	58,3	52,9	106	50	105	45	28	737	67,7	4,60	303	52,0	2,95	1170	5,80	P
	15	43,0	33,8	150	15	16	8	586	42,5	60,1	53,3	106	50	105	45	28	898	83,6	4,57	370	61,6	2,93	1430	5,76	P
	18	51,0	40,1	150	18	16	8	586	43,7	61,7	53,8	106	50	105	45	28	1050	98,7	4,54	435	70,4	2,92	1670	5,71	C
180	15	52,1	40,9	180	15	18	9	705	49,8	70,5	63,6	127	60	135	45	28	1590	122	5,52	653	92,6	3,54	2520	6,96	[illegible]
	18	61,9	48,6	180	18	18	9	705	51,0	72,2	64,1	127	60	135	45	28	1870	145	5,49	768	106	3,52	2960	6,92	C
	20	68,3	53,7	180	20	18	9	705	51,8	73,3	64,4	127	60	135	45	28	2040	159	5,47	843	115	3,51	3240	6,89	C
200	16	61,8	48,5	200	16	18	9	785	55,2	78,1	70,9	141	60	150	50	28	2340	162	6,16	960	123	3,94	3720	7,76	C
	18	69,1	54,2	200	18	18	9	785	56,0	79,3	71,2	141	60	150	50	28	2600	181	6,13	1070	136	3,93	4130	7,73	C
	20	76,3	59,9	200	20	18	9	785	56,8	80,4	71,5	141	60	150	50	28	2850	199	6,11	1170	146	3,92	4530	7,70	C
	24	90,6	71,1	200	24	18	9	785	58,4	82,6	72,1	141	60	150	50	28	3330	235	6,06	1380	167	3,90	5280	7,64	C

Nota. — La disposición de agujeros (gramiles y diámetros) adoptada en los angulares de alas iguales, también se adoptará para los de alas desiguales (Tabla 10.6), aplicados al mismo ancho de alas.

Productos de acero laminados	ANGULARES DE ALAS DESIGUALES	TABLA 10 . 6



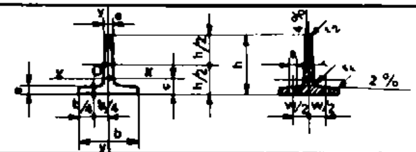
Perfil L		A cm^2	P kg	b_1 mm	b_2 mm	e mm	r mm	r_1 mm	u mm	c_x mm	c_y mm	v_1 mm	v_2 mm	v_3 mm	v_4 mm	v_5 mm	I_x cm^4	W_x cm^3	i_x cm	I_y cm^4	W_y cm^3	i_y cm	I_η cm^4	i_η cm	I_ξ cm^4	i_ξ cm	Suministro
				Dimensiones						Posiciones							Términos de sección										
40.25	4	2,46	1,93	40	25	4	4	2	127	13	6	10	13	6	26	19	3,89	1,47	1,26	1,16	0,62	0,69	0,70	0,53	4,35	1,33	C
	5	3,02	2,37	40	25	5	4	2	127	14	6	11	13	7	26	19	4,69	1,81	1,25	1,39	0,76	0,68	0,85	0,53	5,23	1,32	C
45.30	4	2,86	2,24	45	30	4	4	2	147	14	7	12	15	8	30	23	5,77	1,91	1,42	2,05	0,91	0,85	1,19	0,65	6,63	1,52	C
	5	3,52	2,76	45	30	5	4	2	147	15	7	13	15	8	30	23	6,98	2,35	1,41	2,47	1,11	0,84	1,45	0,64	8,00	1,51	C
60.30	5	4,29	3,37	60	30	5	6	3	175	21	6	12	17	7	38	27	15,6	4,04	1,90	2,60	1,12	0,78	1,70	0,63	16,5	1,96	C
	6	5,08	3,99	60	30	6	6	3	175	22	7	12	17	7	38	27	18,2	4,78	1,89	3,02	1,32	0,77	1,99	0,63	19,2	1,95	C
60.40	5	4,79	3,76	60	40	5	6	3	195	19	9	16	21	11	41	30	17,2	4,25	1,89	6,11	2,02	1,13	3,54	0,86	19,8	2,03	C
	6	5,68	4,46	60	40	6	6	3	195	20	10	17	21	11	40	30	20,1	5,03	1,88	7,12	2,38	1,12	4,15	0,86	23,1	2,02	C
	7	6,55	5,14	60	40	7	6	3	195	20	10	17	20	11	40	30	22,9	5,79	1,87	8,07	2,74	1,11	4,75	0,85	26,3	2,00	C
65.50	5	5,54	4,35	65	50	5	6	3	225	19	12	20	23	15	45	36	23,2	5,14	2,05	11,9	3,19	1,47	6,32	1,07	28,8	2,28	C
	6	6,58	5,16	65	50	6	6	3	225	20	12	21	23	15	45	36	27,2	6,10	2,03	14,0	3,77	1,46	7,43	1,06	33,8	2,27	C
	7	7,60	5,96	65	50	7	6	3	225	20	13	21	23	15	45	36	31,1	7,03	2,02	15,9	4,34	1,45	8,51	1,06	38,5	2,25	C
	8	8,60	6,75	65	50	8	6	3	225	21	13	22	23	15	44	37	34,8	7,93	2,01	17,7	4,89	1,44	9,56	1,05	43,0	2,24	C
75.50	5	6,05	4,75	75	50	5	7	3,5	244	23	11	20	26	13	51	38	34,4	6,74	2,38	11,3	3,21	1,43	7,11	1,08	39,6	2,56	C
	6	7,19	5,65	75	50	6	7	3,5	244	24	12	20	26	13	51	38	40,5	8,01	2,37	14,4	3,81	1,42	8,36	1,08	46,6	2,55	C
	7	8,31	6,53	75	50	7	7	3,5	244	24	12	21	26	13	51	38	46,4	9,24	2,36	16,5	4,39	1,41	9,57	1,07	53,3	2,53	C
	8	9,41	7,39	75	50	8	7	3,5	244	25	12	21	26	14	50	38	52,0	10,4	2,35	18,4	4,95	1,40	10,8	1,07	59,7	2,52	C
80.40	5	5,80	4,56	80	40	5	7	3,5	234	28	8	15	24	9	52	35	38,2	7,35	2,56	6,5	2,06	1,06	4,19	0,85	40,5	2,64	C
	6	6,89	5,41	80	40	6	7	3,5	234	28	8	15	23	8	52	35	44,9	8,73	2,55	7,6	2,44	1,05	4,92	0,85	47,6	2,63	C
	7	7,96	6,25	80	40	7	7	3,5	234	29	9	16	23	9	51	36	51,4	10,1	2,54	8,63	2,81	1,04	5,64	0,84	54,4	2,61	C
	8	9,01	7,07	80	40	8	7	3,5	234	29	9	16	23	10	51	36	57,6	11,4	2,53	9,61	3,16	1,03	6,33	0,84	60,9	2,60	C
80.60	6	8,11	6,37	80	60	6	8	4	273	24	14	25	29	17	55	38	51,4	9,29	2,52	24,8	5,49	1,75	13,4	1,29	62,8	2,78	C
	7	9,38	7,36	80	60	7	8	4	273	25	15	25	29	17	55	38	59.0	10,7	2,51	28,4	6,34	1,74	15.4	1,28	72,0	2,77	C
	8	10,6	8,34	80	60	8	8	4	273	25	15	25	29	18	55	38	66,3	12,2	2,50	31,8	7,16	1,73	17,3	1,27	80,8	2,76	C
100.50	6	8,73	6,85	100	50	6	9	4,5	292	34	10	19	30	11	65	44	89,7	13,8	3,21	15,3	3,85	1,32	9,85	1,06	95,1	3,30	C
	7	10,1	7,93	100	50	7	9	4,5	292	35	10	19	29	11	65	44	103	16,0	3,20	17,4	4,46	1,31	11,3	1,06	109	3,29	C
	8	11,4	8,99	100	50	8	9	4,5	292	35	11	20	29	11	64	44	116	18,1	3,18	19,5	5,04	1,31	12,7	1,05	123	3,28	C
	10	14,1	11,1	100	50	10	9	4,5	292	36	12	20	29	12	64	45	141	22,2	3,16	23,4	6,17	1,29	15,4	1,05	149	3,25	C
100.65	7	11,2	8,77	100	65	7	10	5	321	32	15	26	34	17	68	49	113	16,6	3,17	57,6	7,53	1,83	22,0	1,40	128	3,39	C
	8	12,7	9,94	100	65	8	10	5	321	32	15	26	34	17	68	49	127	18,9	3,16	42,2	8,54	1,83	24,8	1,40	144	3,37	C
	10	15,6	12,1	100	65	10	10	5	321	33	16	27	34	17	67	50	154	23,2	3,14	51,0	10,5	1,81	30,1	1,39	175	3,35	C
100.75	8	13,5	10,6	100	75	8	10	5	341	31	18	31	36	21	69	54	133	19,3	3,14	64,1	11,4	2,18	34,6	1,60	163	3,47	P
	10	16,6	13,0	100	75	10	10	5	341	31	19	32	36	22	69	54	162	23,8	3,12	77,6	14,0	2,16	42,2	1,59	197	3,45	P
	12	19,7	15,4	100	75	12	10	5	341	32	20	33	36	22	68	55	189	28,0	3,10	90,2	16,5	2,14	49,5	1,59	230	3,42	P
120.80	8	15,5	12,2	120	80	8	11	5,5	391	38	18	32	42	21	82	60	226	27,6	3,82	80,8	13,2	2,28	46,6	1,73	260	4,10	P
	10	19,1	15,0	120	80	10	11	5,5	391	39	19	33	42	21	82	60	276	34,1	3,80	98,1	16,2	2,36	56,8	1,72	317	4,07	P
	12	22,7	17,8	120	80	12	11	5,5	391	40	20	34	42	22	81	60	323	40,4	3,77	114	19,1	2,24	66,6	1,71	371	4,04	P
130.65	8	15,1	11,8	130	65	8	11	5,5	381	45	13	24	39	14	85	58	263	31,1	4,17	44,8	8,2	1,72	28,9	1,38	278	4,30	C
	10	18,6	14,6	130	65	10	11	5,5	381	46	14	25	38	15	84	58	320	38,4	4,15	54,2	10,7	1,71	35,2	1,37	339	4,27	C
	12	22,1	17,3	130	65	12	11	5,5	381	47	15	26	38	16	83	59	375	45,4	4,12	63,0	12,7	1,69	41,2	1,37	397	4,24	C
150.75	9	19,6	15,4	150	75	9	11	5,5	441	52	15	29	45	17	98	66	456	46,9	4,83	78,3	13,2	2,00	50,4	1,60	484	4,97	C
	10	21,6	17,0	150	75	10	11	5,5	441	53	16	29	44	17	97	66	501	51,8	4,81	85,8	14,5	1,99	55,3	1,60	532	4,96	C
	12	25,7	20,2	150	75	12	11	5,5	441	54	16	29	44	18	97	66	589	61,4	4,79	99,9	17,2	1,97	64,9	1,59	624	4,93	C
	15	31,6	24,8	150	75	15	11	5,5	441	55	18	31	44	19	96	69	713	75,3	4,75	120	21,0	1,94	78,8	1,58	754	4,88	C
150.90	10	23,2	18,2	150	90	10	12	6	470	50	20	36	50	22	101	71	533	53,3	4,80	146	21,0	2,51	88,2	1,95	591	5,05	C
	12	27,5	21,6	150	90	12	12	6	470	50	21	37	50	23	101	71	627	63,3	4,77	171	24,8	2,49	104	1,94	695	5,02	C
	15	33,9	26,6	150	90	15	12	6	470	52	22	38	49	24	99	72	761	77,7	4,74	205	30,4	2,46	126	1,93	841	4,98	C
200.100	10	29,2	23,0	200	100	10	15	7,5	587	69	20	37	60	22	132	81	1220	93,2	6,46	210	26,3	2,68	135	2,15	1290	6,65	C
	12	34,8	27,3	200	100	12	15	7,5	587	70	21	38	60	22	131	81	1440	111	6,43	247	31,3	2,67	159	2,14	1530	6,63	C
	15	43,0	33,7	200	100	15	15	7,5	587	71	22	39	59	23	130	82	1760	137	6,40	299	38,4	2,64	194	2,12	1860	6,58	C
200.150	10	34,2	26,9	200	150	10	15	7,5	687	59	35	59	73	45	140	108	1400	99,6	6,38	680	59,2	4,46	364	3,26	1710	7,07	C
	12	40,8	32,0	200	150	12	15	7,5	687	60	36	60	73	41	139	108	1650	119	6,36	803	70.5	4,44	430	3,25	2030	7,05	C
	15	50,5	39,6	200	150	15	15	7,5	687	62	37	62	73	39	139	108	2020	147	6,33	979	86,9	4,40	526	3,23	2480	7,00	C
	18	60,0	47,1	200	150	18	15	7,5	687	63	38	64	73	36	138	109	2380	174	6,29	1150	103	4,37	618	3,21	2900	6.96	C

Nota — La disposición de agujeros (gramiles y diámetros) en los angulares de alas desiguales, será la misma que la de los angulares de alas iguales, tomándose de la Tabla 9.6 los valores correspondientes para igualdad de dimensiones de alas.



PERFILES T

TABLA 11 . 6

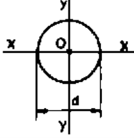


Perfil T-	A cm²	P kg/m	DIMENSIONES b = h mm	e = r mm	r_1 mm	r_1 mm	u mm	c mm	Agujeros w mm	e mm	TERMINOS DE SECCION I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	I_y cm⁴	W_y cm³	i_y cm	I_T cm⁴	Suministro
40.40.5	3,77	2,96	40	5	2,5	1	153	11,2	21	6,4	5,28	1,84	1,18	2,58	1,29	0,83	0,36	C
50.50.6	5,66	4,44	50	6	3	1,5	191	13,8	30	6,4	12,1	3,36	1,46	6,06	2,42	1,03	0,76	C
60.60.7	7,94	6,23	60	7	3,5	2	229	16,6	34	6,4	23,8	5,48	1,73	12,2	4,07	1,24	1,45	C
70.70.8	10,6	8,32	70	8	4	2	268	18,4	38	11	44,5	8,79	2,06	22,1	6,32	1,44	2,82	C
80.80.9	13,6	10,7	80	9	4,5	2	307	22,2	45	11	73,7	12,8	2,33	31,8	9,25	1,65	4,11	C
100.100.11	20,9	16,4	100	11	5,5	3	383	27,4	60	13	179	24,6	2,92	88,3	17,7	2,05	9,38	C

Productos de acero laminados

REDONDOS

TABLA 12 . 6

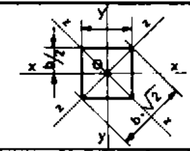


Diámetro mm	A cm²	P kg/m	Dimensiones d mm	u mm	Términos de sección I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	Suministro	Diámetro mm	A cm²	P kg/m	Dimensiones d mm	u mm	Términos de sección I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	Suministro
6	0,283	0,222	6	18,8	0,006	0,021	0,150	P	22	3,80	2,98	22	69,1	1,15	1,05	0,55	C
7	0,383	0,302	7	22,0	0,012	0,034	0,175	C	25	4,91	3,85	25	78,5	1,92	1,53	0,626	P
8	0,503	0,395	8	25,1	0,020	0,050	0,200	P	28	6,16	4,83	28	88,0	3,02	2,16	0,70	C
10	0,785	0,617	10	31,4	0,049	0,098	0,250	P	30	7,07	5,55	30	94,2	3,98	2,65	0,75	C
12	1,13	0,888	12	37,7	0,102	0,170	0,300	P	32	8,04	6,31	32	101	5,15	3,22	0,80	P
14	1,54	1,21	14	44,0	0,189	0,269	0,350	P	36	10,2	7,99	36	113	8,24	4,58	0,90	C
16	2,01	1,58	16	50,3	0,322	0,402	0,400	P	40	12,6	9,86	40	126	12,6	6,28	1,00	P
18	2,55	2,00	18	56,5	0,515	0,573	0,450	C	45	15,9	12,5	45	141	20,2	8,95	1,12	P
20	3,14	2,47	20	62,8	0,785	0,785	0,500	P	50	19,6	15,4	50	157	30,7	12,3	1,25	P

Productos de acero laminados

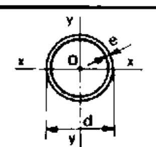
CUADRADOS

TABLA 13 . 6



Cuadrado mm	A cm²	P kg/m	Dimensiones b mm	u mm	Términos de sección I_x cm⁴	W_x cm³	W_z cm³	i_x cm	Suministro	Cuadrado mm	A cm²	P kg/m	Dimensiones b mm	u mm	Términos de sección I_x cm⁴	W_x cm³	W_z cm³	i_x cm	Suministro
6	0,36	0,283	6	24	0,0108	0,0360	0,0255	0,175	P	22	4,84	3,80	22	88	1,95	1,77	1,25	0,635	C
7	0,49	0,385	7	28	0,0200	0,0572	0,0404	0,202	P	25	6,25	4,91	25	100	3,26	2,60	1,84	0,722	P
8	0,64	0,502	8	32	0,0341	0,0853	0,0603	0,230	P	28	7,84	6,16	28	112	5,12	3,66	2,59	0,808	P
10	1,00	0,785	10	40	0,0833	0,167	0,118	0,288	P	30	9,00	7,07	30	120	6,75	4,50	3,18	0,866	C
12	1,44	1,13	12	48	0,173	0,288	0,204	0,347	P	32	10,2	8,04	32	128	8,74	5,46	3,86	0,926	P
14	1,96	1,54	14	56	0,320	0,457	0,323	0,404	P	36	13,0	10,2	36	144	14,0	7,78	5,50	1,04	C
16	2,56	2,01	16	64	0,546	0,683	0,483	0,463	P	40	16,0	12,6	40	160	21,3	10,6	7,54	1,15	P
18	3,24	2,54	18	72	0,875	0,972	0,687	0,520	P	45	20,3	15,9	45	180	34,2	15,1	10,7	1,30	C
20	4,00	3,14	20	80	1,33	1,33	0,943	0,577	P	50	25,0	19,6	50	200	52,1	20,9	14,7	1,44	P

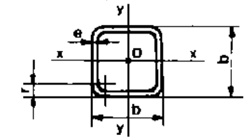
Productos de acero laminados	PERFILES HUECOS REDONDOS	TABLA 14 . 6



Perfil ○ mm		A cm²	P kg/m	Dimensiones d mm	e mm	u mm	Términos de sección S_x cm³	I_t cm⁴	I_T cm⁴	W_x cm³	i_x cm	Suministro
40	2	2,39	1,88	40	2	126	1,44	8,66	4,33	2,16	1,35	P
	3	3,49	2,74	40	3	126	2,05	12,0	6,01	3,00	1,31	P
	4	4,52	3,55	40	4	126	2,60	14,8	7,42	3,71	1,28	C
45	2	2,70	2,12	45	2	141	1,86	12,5	6,26	2,78	1,52	P
	3	3,96	3,11	45	3	141	2,65	17,5	8,77	3,90	1,49	P
	4	5,15	4,04	45	4	141	3,37	21,8	10,9	4,84	1,45	C
50	2	3,02	2,37	50	2	157	2,30	17,4	8,70	3,48	1,69	P
	3	4,43	3,47	50	3	157	3,31	24,5	12,2	4,91	1,66	P
	4	5,78	4,53	50	4	157	4,23	30,8	15,4	6,16	1,63	P
55	2	3,33	2,61	55	2	173	2,81	23,4	11,7	4,25	1,87	C
	3	4,90	3,85	55	3	173	4,06	33,2	16,6	6,04	1,84	C
	4	6,41	5,03	55	4	173	5,21	42,0	21,0	7,64	2,01	C
60	2	3,64	2,86	60	2	188	3,36	30,6	15,3	5,11	2,05	P
	3	5,37	4,21	60	3	188	4,87	43,7	21,8	7,29	2,01	P
	4	7,04	5,52	60	4	188	6,27	55,4	27,7	9,24	1,98	P
65	2	3,96	3,11	65	2	204	3,97	39,4	19,7	6,06	2,23	C
	3	5,84	4,58	65	3	204	5,78	56,2	28,1	8,65	2,19	C
	4	7,67	6,02	65	4	204	7,46	71,6	35,8	11,6	2,16	C
70	2	4,27	3,35	70	2	220	4,82	49,4	24,7	7,05	2,41	P
	3	6,31	4,95	70	3	220	6,73	71,0	35,5	10,1	2,37	P
	4	8,29	6,51	70	4	220	8,72	90,6	45,3	12,9	2,34	C
75	2	4,58	3,60	75	2	236	5,33	61,1	30,5	8,15	2,58	P
	3	6,78	5,32	75	3	236	7,78	88,0	44,0	11,7	2,54	P
	4	8,92	7,00	75	4	236	10,1	113	56,3	15,0	3,51	P

Perfil ○ mm		A cm²	P kg/m	Dimensiones d mm	e mm	u mm	Términos de sección S_x cm³	I_t cm⁴	I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	Suministro
80	2	4,90	3,85	80	2	251	6,09	74,6	37,3	9,33	2,76	C
	3	7,26	5,70	80	3	251	8,90	108	53,9	13,5	2,72	C
	4	9,55	7,50	80	4	251	11,6	138	69,1	17,3	2,69	C
90	3	8,19	6,43	90	3	283	11,4	155	77,6	17,3	3,07	P
	4	10,8	8,48	90	4	283	14,8	200	100	22,3	3,04	P
	5	13,4	10,5	90	5	283	18,1	242	121	26,9	3,01	P
100	3	9,14	7,17	100	3	314	14,1	215	108	21,5	3,43	P
	4	12,1	9,47	100	4	314	18,4	278	139	27,8	3,39	P
	5	14,9	11,7	100	5	314	22,6	338	169	33,8	3,36	P
	6	17,7	13,9	100	6	314	26,5	393	196	39,3	3,33	C
125	4	15,2	11,9	125	4	393	29,3	557	279	44,6	4,28	C
	5	18,8	14,8	125	5	393	36,0	680	340	54,4	4,24	C
	6	22,4	17,6	125	6	393	42,5	796	398	63,7	4,21	C
155	5	23,6	18,5	155	5	487	56,2	1330	663	85,5	5,30	C
	6	28,1	22,1	155	6	487	66,6	1560	781	101	5,27	C
	8	36,9	29,0	155	8	487	86,5	2000	1000	129	5,21	C
175	5	26,7	21,0	175	5	550	72,3	1330	966	110	6,01	C
	6	31,9	25,0	175	6	550	85,7	2280	1140	130	5,98	C
	8	42,0	33,0	175	8	550	112	2940	1470	168	5,92	C
200	5	30,6	24,0	200	5	628	95,1	2920	1460	146	6,91	C
	6	36,6	28,7	200	6	628	113	3440	1720	172	6,86	C
	8	48,3	37,9	200	8	628	148	4460	2230	223	6,79	C

Productos de acero laminados	PERFILES HUECOS CUADRADOS	TABLA 15 . 6



Perfil □ mm		A cm²	P kg/m	Dimensiones b mm	e mm	r mm	u mm	Términos de sección I_T cm⁴	S_x cm³	I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	Suministro
40	2	2,90	2,28	40	2	5	151	11,3	2,04	6,60	3,40	1,53	P
	3	4,13	3,24	40	3	8	147	15,6	2,80	9,01	4,51	1,48	P
	4	5,21	4,09	40	4	10	143	18,9	3,40	10,5	5,26	1,42	P
45	2	3,30	2,59	45	2	5	171	16,3	2,63	9,94	4,42	1,74	C
	3	4,73	3,71	45	3	8	167	22,9	3,65	13,4	5,95	1,68	C
	4	6,01	4,72	45	4	10	163	28,2	4,49	15,9	7,07	1,63	C
50	2	3,70	2,91	50	2	5	191	22,7	3,30	13,9	5,57	1,94	P
	3	5,33	4,18	50	3	8	187	32,0	4,62	19,0	7,59	1,89	P
	4	6,81	5,35	50	4	10	183	39,9	5,73	22,9	9,15	1,83	P
55	2	4,10	3,22	55	2	5	211	30,5	4,04	18,9	6,86	2,14	C
	3	5,93	4,66	55	3	8	207	43,4	5,70	25,9	9,43	2,09	C
	4	7,61	5,97	55	4	10	203	54,5	7,12	31,6	11,5	2,04	C
60	2	4,50	5,33	60	2	5	231	39,9	4,86	24,8	8,28	2,35	P
	3	6,53	5,13	60	3	8	227	57,1	6,89	34,4	11,5	2,30	P
	4	8,41	6,60	60	4	10	223	72,2	8,66	42,3	14,1	2,24	P
	5	10,1	7,96	60	5	13	219	85,2	10,2	48,5	16,2	2,19	C
70	2	5,30	4,16	70	2	5	271	64,1	6,71	40,3	11,5	2,76	P
	3	7,73	6,07	70	3	8	267	92,6	9,60	56,6	16,2	2,71	P
	4	10,0	7,86	70	4	10	263	118	12,2	70,4	20,1	2,65	P
	5	12,1	9,53	70	5	13	259	141	14,5	82,0	23,4	2,60	P

Perfil □ mm		A cm²	P kg/m	Dimensiones b cm²	e mm	r mm	u mm	Términos de sección I_t cm⁴	S_x cm³	I_x cm⁴	W_x cm³	i_x cm	Suministro
80	3	8,93	7,01	80	3	8	307	140	12,8	86,6	21,7	3,11	P
	4	11,6	9,11	80	4	10	303	180	16,3	109	27,2	3,06	P
	5	14,1	11,1	80	5	13	299	217	19,5	128	32,0	3,01	P
	6	16,5	13,0	80	6	15	294	250	22,4	144	36,0	2,95	C
90	3	10,1	7,95	90	3	8	347	202	16,4	126	37,9	3,52	P
	4	13,2	10,4	90	4	10	343	281	21,1	159	35,4	3,47	P
	5	16,1	12,7	90	5	13	339	316	25,3	189	41,9	3,42	P
	6	18,9	14,9	90	6	15	334	366	29,2	214	47,6	3,36	P
100	3	11,3	8,89	100	3	8	387	279	20,1	175	35,0	3,93	P
	4	14,8	11,6	100	4	10	383	363	26,4	223	44,6	3,88	P
	5	18,1	14,2	100	5	13	379	440	31,9	266	53,1	3,83	P
	6	21,3	16,7	100	6	15	374	513	37,0	304	60,7	3,77	P
120	4	18,0	14,1	120	4	10	463	638	38,9	397	66,2	4,70	P
	5	22,1	17,4	120	5	13	459	780	47,2	478	79,6	4,64	P
	6	26,1	20,5	120	6	15	454	913	55,1	551	91,8	4,59	C
140	5	26,1	20,5	140	5	13	539	260	65,6	780	111	5,46	P
	6	30,9	24,3	140	6	15	534	480	76,8	905	129	5,41	P
	8	40,0	31,4	140	8	20	526	890	97,5	1130	161	5,30	P
160	5	30,1	23,7	160	5	13	619	1901	86,9	1190	149	6,29	P
	6	35,7	28,0	160	6	15	614	2240	102	1390	173	6,23	P
	8	46,4	36,5	160	8	20	609	2890	131	1740	218	6,12	P
170	5	32,1	25,2	170	5	13	659	2290	98,7	1440	169	6,69	C
	6	38,1	29,9	170	6	15	654	2710	116	1680	198	6,64	C
	8	49,6	39,0	170	8	20	646	3410	149	2120	249	6,53	P

Productos de acero laminados	PESO POR METRO LINEAL DE CUADRADOS Y REDONDOS DE ACERO	TABLA 16 . 6

lado

Cuadrado

Peso específico, 7,85

diámetro



Redondo

Lado o diám. mm	Peso, kg. □	Peso, kg. ○	Lado o diám. mm	Peso, kg. □	Peso, kg. ○	Lado o diám. mm	Peso, kg. □	Peso, kg. ○	Lado o diám. mm	Peso, kg. □	Peso, kg. ○
			50	19,63	15,41	100	78,50	61,65	230	415,27	326,15
1	0,008	0,006	51	20,42	16,04	101	80,08	62,89	235	433,52	340,48
2	0,031	0,025	52	21,23	16,67	102	81,67	64,14	240	452,16	355,13
3	0,071	0,055	53	22,05	17,32	103	83,28	65,41	245	471,20	370,08
4	0,126	0,099	54	22,89	17,98	104	84,91	66,68	250	490,63	385,34
5	0,20	0,15	55	23,75	18,65	105	86,55	67,97	255	510,45	400,91
6	0,28	0,22	56	24,62	19,33	106	88,20	69,27	260	530,66	416,78
7	0,38	0,30	57	25,50	20,03	107	89,87	70,59	265	551,27	432,97
8	0,50	0,39	58	26,41	20,74	108	91,56	71,91	270	572,27	449,46
9	0,64	0,50	59	27,33	21,46	109	93,27	73,25	275	593,66	466,26
10	0,79	0,62	60	28,26	22,20	110	94,99	74,60	280	615,44	483,37
11	0,95	0,75	61	29,21	22,94	111	96,72	75,96	285	637,62	500,79
12	1,13	0,89	62	30,18	23,70	112	98,47	77,34	290	660,19	518,51
13	1,33	1,04	63	31,16	24,47	113	100,24	78,73	295	683,15	536,54
14	1,54	1,21	64	32,15	25,25	114	102,02	80,13	300	706,50	554,89
15	1,77	1,39	65	33,17	26,05	115	103,82	81,54	305	730,25	573,54
16	2,01	1,58	66	34,19	26,86	116	105,63	82,96	310	754,39	592,50
17	2,27	1,78	67	35,24	27,68	117	107,46	84,40	315	778,92	611,76
18	2,54	2,00	68	36,30	28,51	118	109,30	85,85	320	803,84	631,34
19	2,83	2,23	69	37,37	29,35	119	111,16	87,31	325	829,16	651,22
20	3,14	2,47	70	38,47	30,21	120	113,04	88,78	330	854,87	671,41
21	3,46	2,72	71	39,57	31,08	121	114,93	90,27	335	880,97	691,91
22	3,80	2,98	72	40,69	31,96	122	116,84	91,77	340	907,46	712,72
23	4,15	3,26	73	41,83	32,86	123	118,76	93,28	345	934,35	733,84
24	4,52	3,55	74	42,99	33,76	124	120,70	94,80	350	961,63	755,26
25	4,91	3,85	75	44,16	34,68	125	122,66	96,33	355	989,30	776,99
26	5,31	4,17	76	45,34	35,61	126	124,63	97,88	360	1017,36	799,04
27	5,72	4,49	77	46,54	36,55	127	126,61	99,44	365	1045,82	821,38
28	6,15	4,83	78	47,76	37,51	128	128,61	101,01	370	1074,66	844,04
29	6,60	5,18	79	48,99	38,48	129	130,63	102,60	375	1103,91	867,01
30	7,07	5,55	80	50,24	39,46	130	132,67	104,20	380	1133,54	890,28
31	7,54	5,93	81	51,50	40,45	135	143,07	112,36	385	1163,57	913,87
32	8,04	6,31	82	52,78	41,46	140	153,86	120,84	390	1193,98	937,75
33	8,55	6,71	83	54,08	42,47	145	165,05	129,63	395	1224,80	961,95
34	9,07	7,13	84	55,39	43,50	150	176,63	138,72	400	1256,00	986,46
35	9,62	7,55	85	56,72	44,54	155	188,60	148,12	425	1418	1114
36	10,17	7,99	86	58,06	45,60	160	200,96	157,83	450	1590	1248
37	10,75	8,44	87	59,42	46,67	165	213,72	167,85	475	1771	1391
38	11,34	8,90	88	60,79	47,74	170	226,87	178,18	500	1963	1541
39	11,94	9,38	89	62,18	48,84	175	240,41	188,82	550	2375	1865
40	12,56	9,86	90	63,59	49,94	180	254,34	199,76	600	2826	2219
41	13,20	10,36	91	65,01	51,06	185	268,67	211,01	650	3317	2605
42	13,85	10,88	92	66,44	52,18	190	283,39	222,57	700	3847	3021
43	14,51	11,40	93	67,89	53,32	195	298,50	234,44	750	4416	3468
44	15,20	11,94	94	69,36	54,48	200	314,00	246,62	800	5024	3946
45	15,90	12,48	95	70,85	55,64	205	329,90	259,10	850	5672	4455
46	16,61	13,05	96	72,35	56,82	210	346,19	271,89	900	6359	4994
47	17,34	13,62	97	73,86	58,01	215	362,87	285,00	950	7085	5564
48	18,09	14,21	98	75,39	59,21	220	379,94	298,41	1000	7850	6165
49	18,85	14,80	99	76,94	60,43	225	397,41	312,12			

Ejemplos.— Peso de un cuadrado de 32 mm, igual a 8,04 kg por metro

Peso de un redondo de 620 mm, igual a 30,18 x 100 = 3018 kg. por metro

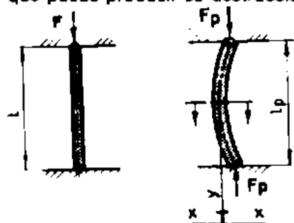
Peso de un redondo de bronce de 12,5 mm. de diámetro, $P = \frac{122,66}{100} \times 1,045 = 1,282$ *kg.*

(1,045 es la razon entre el peso del bronce y del acero)

COMPRESION CON PANDEO

Longitud de pandeo

En las barras sometidas a fuerzas de comprensión, cuando la esbeltez o relación entre la longitud de la barra y su dimensión transversal mínima pasa de determinados límites, se produce una flexión lateral o pandeo de la barra, que puede producir su destrucción.

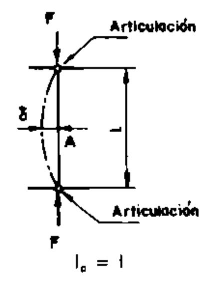


La fuerza de pandeo F_p que produce la destrucción de la barra, ha sido debidamente estudiada; según Euler, la carga límite tiene por valor:

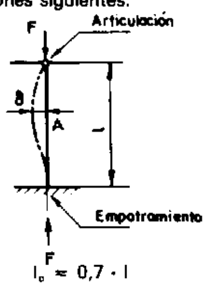
$$F_p = \frac{\pi \cdot E \cdot I}{l_p^2}$$, siendo

E El módulo de elasticidad del material de la barra, en kg/cm².
I El momento de inercia de la barra.
l_p La longitud de pandeo de la barra.

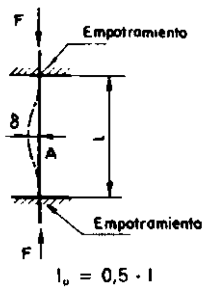
La longitud de pandeo de una barra comprimida, depende de su longitud real y de la disposición de sus extremos, que pueden estar articulados, empotrados o libres; se consideran como más frecuentes en la práctica, las disposiciones siguientes:



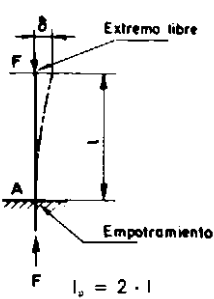
$l_p = l$



$l_p = 0{,}7 \cdot l$



$l_p = 0{,}5 \cdot l$



$l_p = 2 \cdot l$

En las barras sometidas a compresión centrada, con pandeo, se verificará que:

$$\sigma = \frac{F \cdot \omega}{A} \leq \sigma_{ad}$$, siendo

ω, el coeficiente de pandeo, dependiente de la esbeltez mecánica λ y del tipo de acero de la barra.
A, la sección bruta de la barra.

La esbeltez mecánica, $\lambda = \frac{l_p}{i}$, siendo i el radio de giro de la barra (se tomará para el cálculo la esbeltez más desfavorable.

La Tabla 17.6 se dan los coeficientes de pandeo ω para los aceros tipo A 42 y A 52, utilizados en la construcción de elementos y estructuras metálicas.

Ejemplo. – Cálculo de la tensión a que está sometida una barra I PN 26, de acero tipo A 42, apoyada en sus extremos, que soporta una carga de 24 t; carga máxima que puede soportar con un coeficiente de ponderación de 1,33 (acción constante de la carga).

I PN 24, $A = 46{,}1$ cm²; $l_p = 300$ cm; $i_{min} = i_y = 2{,}32$ cm; $\lambda = \frac{300}{2{,}32} = 129$, $\omega = 3{,}02$

$\sigma = \frac{24 \times 3{,}02}{46{,}1} = 1{,}57$, t/cm²; $\gamma = \frac{2{,}6}{1{,}57} = 1{,}66$ (coeficiente de seguridad)

$\sigma_{ad} = \frac{2{,}6}{1{,}33} = 1{,}95$ t/cm²; $F_{máx} = \frac{1{,}95 \times 46{,}1}{3{,}02} = 29{,}7$ t.

COEFICIENTE DE PANDEO DEL ACERO

λ	Coeficiente de pandeo ω para acero tipo A 42										λ
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
20	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	20
30	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	30
40	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,12	40
50	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	50
60	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,29	1,30	1,31	1,33	60
70	1,34	1,36	1,37	1,39	1,40	1,42	1,44	1,46	1,47	1,49	70
80	1,51	1,53	1,55	1,57	1,60	1,62	1,64	1,66	1,69	1,71	80
90	1,74	1,76	1,79	1,81	1,84	1,86	1,89	1,92	1,95	1,98	90
100	2,01	2,03	2,06	2,09	2,13	2,16	2,19	2,22	2,25	2,29	100
110	2,32	2,35	2,39	2,42	2,46	2,49	2,53	2,56	2,60	2,64	110
120	2,67	2,71	2,75	2,79	2,82	2,86	2,90	2,94	2,98	3,02	120
130	3,06	3,11	3,15	3,19	3,23	3,27	3,32	3,36	3,40	3,45	130
140	3,49	3,54	3,58	3,63	3,67	3,72	3,77	3,81	3,86	3,91	140
150	3,96	4,00	4,05	4,10	4,15	4,20	4,25	4,30	4,35	4,40	150
160	4,45	4,51	4,56	4,61	4,66	4,72	4,77	4,82	4,88	4,93	160
170	4,99	5,04	5,10	5,15	5,21	5,26	5,32	5,38	5,44	5,49	170
180	5,55	5,61	5,67	5,73	5,79	5,85	5,91	5,97	6,03	6,09	180
190	6,15	6,21	6,27	6,34	6,40	6,46	6,53	6,59	6,65	6,72	190
200	6,78	6,85	6,91	6,98	7,05	7,11	7,18	7,25	7,31	7,38	200
210	7,45	7,52	7,59	7,66	7,72	7,79	7,86	7,93	8,01	8,08	210
220	8,15	8,22	8,29	8,36	8,44	8,51	8,58	8,66	8,73	8,80	220
230	8,88	8,95	9,03	9,11	9,18	9,26	9,33	9,41	9,49	9,57	230
240	9,64	9,72	9,80	9,88	9,96	10,04	10,12	10,20	10,28	10,36	240
250	10,44										250

λ	Coeficiente de pandeo ω para acero tipo A 52										λ
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
20	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	20
30	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,10	1,10	30
40	1,11	1,12	1,13	1,13	1,13	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	40
50	1,20	1,22	1,23	1,24	1,25	1,27	1,28	1,30	1,31	1,33	50
60	1,35	1,37	1,39	1,41	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,54	60
70	1,56	1,59	1,61	1,64	1,66	1,69	1,72	1,75	1,78	1,81	70
80	1,84	1,87	1,90	1,94	1,97	2,01	2,04	2,08	2,11	2,15	80
90	2,18	2,22	2,26	2,30	2,34	2,38	2,42	2,46	2,50	2,54	90
100	2,59	2,63	2,67	2,72	2,76	2,81	2,85	2,90	2,95	2,99	100
110	3,04	3,09	3,14	3,19	3,24	3,29	3,34	3,39	3,44	3,49	110
120	3,55	3,60	3,65	3,71	3,76	3,82	3,87	3,93	3,98	4,04	120
130	4,10	4,16	4,22	4,27	4,33	4,39	4,45	4,52	4,58	4,64	130
140	4,70	4,76	4,83	4,89	4,95	5,02	5,08	5,15	5,22	5,28	140
150	5,35	5,42	5,48	5,55	5,62	5,69	5,76	5,83	5,90	5,97	150
160	6,04	6,12	6,19	6,26	6,34	6,41	6,48	6,56	6,63	6,71	160
170	6,79	6,86	6,94	7,02	7,09	7,17	7,25	7,33	7,41	7,49	170
180	7,57	7,65	7,73	7,82	7,90	7,98	8,07	8,15	8,24	8,32	180
190	8,40	8,49	8,58	8,66	8,75	8,84	8,93	9,02	9,10	9,19	190
200	9,28	9,37	9,47	9,56	9,65	9,74	9,83	9,92	10,02	10,11	200
210	10,21	10,30	10,40	10,49	10,59	10,69	10,78	10,88	10,98	11,08	210
220	11,18	11,27	11,38	11,48	11,57	11,68	11,78	11,88	11,98	12,09	220
230	12,19	12,29	12,40	12,50	12,61	12,72	12,82	12,93	13,03	13,14	230
240	13,25	13,36	13,47	13,58	13,69	13,80	13,91	14,02	14,13	14,25	240
250	14,36										250

Esbeltez $\lambda = \frac{l_k}{i}$

Nota.— Coeficientes de pandeo para barras de madera, en la pág. 551.

CORTADURA Y DESGARRAMIENTO EN LA FLEXION

Tensiones de cortadura y desgarramiento

En la flexión, además de las tensiones longitudinales de tracción y compresión σ, se producen otras tensiones, transversal o de cortadura y longitudinal o de desgarramiento τ, perpendiculares entre sí e iguales, $\tau_c = \tau_d$, de valor mínimo comparadas con las primeras.

En la viga flexada, el esfuerzo rasante o de desgarramiento en todo el ancho de una fibra n de longitud b, a la altura h_n del eje, vale:

$$F_d\,(= F_c) = \frac{QS}{I}$$, y la tensión de desgarramiento (o cortadura),

$$\tau_d\,(= \tau_c) = \frac{QS}{Ib}$$, siendo:

Q, el esfuerzo cortante en la sección considerada.
I, el momento de inercia de la sección.
S, el momento estático de la superficie situada sobre la fibra n.
b, el ancho de la fibra n.

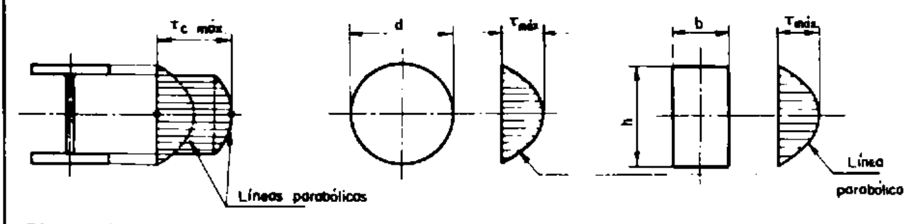
La distribución de las tensiones τ_d y τ_c no es uniforme, siendo máxima en la fibra neutra y nula (cero) en las extremas.

Para la sección rectangular,

$$\tau_d = \tau_c = \frac{3Q}{2\,b\,n} = 1{,}5 \cdot \frac{Q}{b\,n}\,.$$

En la sección circular,

$$\tau_d = \tau_c = \frac{16Q}{3\,\pi\,d^2} = 1{,}689 \cdot \frac{Q}{d^2}\,.$$

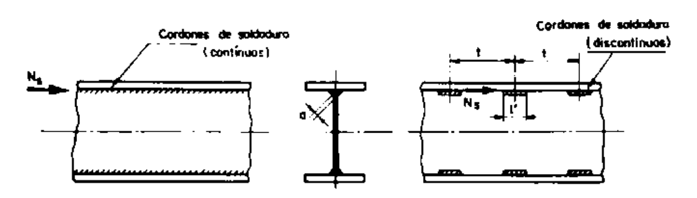


Efectos del desgarramiento

En las vigas flexadas las tensiones de desgarramiento tienden a separar porciones de viga según fibras longitudinales; en las vigas compuestas este efecto es el que tienen que superar las uniones longitudinales de las distintas piezas o elementos que las forman.

La fuerza unitaria de desgarramiento, $F_d = QS/I$, es la que ha de soportar el doble cordón de soldadura, continuo, de enlace del alma de la viga con la platabanda; si el enlace es discontinuo, cada doble cordón de paso τ, soportará la fuerza.

$$N_s = \frac{QS}{I} \cdot t, \text{ de donde el paso es } t = \frac{I\,N_s}{QS}\,.$$



En el caso de vigas roblonadas o atornilladas, N_s será la fuerza o carga que ha de soportar cada roblón o tornillo, siendo t el paso o separación entre estos medios de enlace.

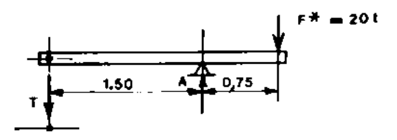
FLEXIÓN Y CORTADURA

Tensiones simultáneas

Cuando en un punto o zona de una viga flexada, las tensiones τ de cortadura son de consideración y coinciden con las de tracción y de compresión σ, se compondrán para obtener la tensión reducida σ, según hipótesis ya presentadas.

Ejemplos de aplicación

1.°.—Cálculo de las tensiones en una viga de un solo apoyo, con carga mayorada de 20 t dispuesta en uno de los extremos, equilibrada mediante un tirante aplicado al otro extremo; los brazos de la viga son de 0,75 m y 1,50 m respectivamente, la acción permanente y el material de la viga acero tipo A 42.



Tracción en el tirante:

$$T = \frac{20 \times 0,75}{1,50} = 10,0 \text{ t}$$

Reacción en el apoyo, $A_c = 20 + 10 = 30^* t$.

Momento de flexión, $M = 20 \times 0,75\ (= 10 \times 1,5) = 15^* t\ m = 1500^* t\ cm$, máximo en el apoyo, coincidiendo con A_c.

Coeficiente de seguridad, $\nu = 1,33$; tensión máxima admisible, $\tau_{ad} = 2,6{:}1,33 = 1,95\ t/cm^2$.

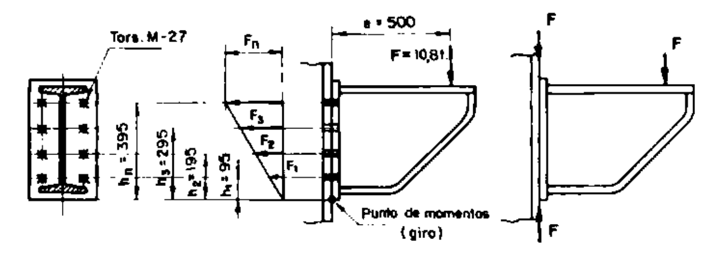
Disponiendo una I PN 36, $A = 72,7\ cm^2$; $I_x = 16270\ cm^4$; $W_x = 904\ cm^3$ (Tabla 3.6).

$$\sigma = \frac{1500}{904} = 1,66\ t/cm^2;\quad \tau = \frac{30}{72,7} = 0,41\ t/cm^2.$$

$$\sigma_r^* = \sqrt{1,66^2 + 0,41^2} = 1,72\ t/cm^2\ (adm > \sigma_{ad} = 1,95\ t/cm^2).$$

$$\text{Flecha, } f = \frac{Fa^2(a + l)}{3\,E\,I} = \frac{20000 \times 75^2 \times (75 + 150)}{1,33 \times 3 \times 2100000 \times 16270} = 0,19 \text{ cm } \left(= \frac{l}{395} \text{ flecha real}\right).$$

2.°.—Cálculo de los esfuerzos máximos en los tornillos de fijación de la ménsula representada en la figura que sigue.



Momento de flexión, $M = F \cdot e = F_1 \cdot h_1 + F_2 \cdot h_2 + \ldots F_n \cdot h_n$, con tornillos del mismo diámetro.

$F_1 = \frac{F_n \cdot h_1}{h_n}$; $F_2 = \frac{F_n \cdot h_2}{h_n}$; ... (tracciones proporcionales a las distancias h_1, h_2, ...).

$F_n = \frac{M \cdot h_n}{h_1^2 + h_2^2 + \ldots h_n^2} = \frac{10,8 \times 50 \times 39,5}{9,5^2 + 19,5^2 + 29,5^2 + 39,5^2} = 7,35$ t, tracción en los tornillos superiores.

$F' = \frac{10,8}{8} = 1,35$ t, esfuerzo cortante en cada uno de los tornillos.

Fijado el diámetro de los tornillos se determinarán las tensiones para 7,35:2 = 3,68 t a tracción y 1,35 t a cortadura; se compondrán las tensiones obtenidas para determinar la tensión reducida σ_r.

FLEXIÓN Y TORSIÓN

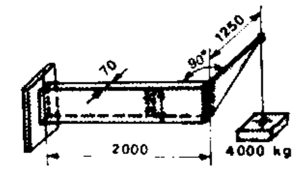
Disposición de las fuerzas

Las fuerzas o cargas aplicadas excéntricamente sobre vigas, originan en estas tensiones de torsión, y de tracción y compresión por flexión.

En los elementos metálicos sometidos a torsión y flexión, como en el cálculo de los árboles de transmisión, se compondrán las tensiones transversales uniformes τ de torsión, con las longitudinales variables σ de flexión, para obtener la tensión reducida σ_r, de acuerdo con las hipótesis con anterioridad expuestas.

Ejemplo 1.°

Cálculo de la tensión máxima en una viga de acero tipo A 42, de 220 × 70 mm, empotrada por uno de sus extremos, y el otro, situado a 2,0 m, está dispuesta una barra o viga de 1,25 m que soporta una carga de 4000 kg, variable de máxima a cero.



$M_t = 4000 \times 125 = 500000$ kg cm.

$M = 4000 \times 200 = 800000$ kg cm.

$I_x = \dfrac{7 \times 22^3}{12} = 6211\ \text{cm}^4$

$W_x = \dfrac{7 \times 22^2}{6} = 565\ \text{cm}^3$

Según el cuadro de la página 128 e interpolando (linealmente), $\beta = 0{,}266$; $\mu = 0{,}280$.

$I_T = 0{,}266 \times 7 \times 22^3 = 19826\ \text{cm}^4$; $W_T = 0{,}280 \times 7 \times 22^2 = 948\ \text{cm}^2$.

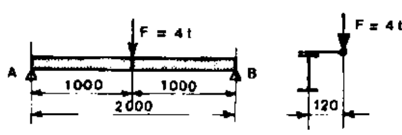
$\sigma = \dfrac{800000}{565} = 1416\ \text{kg/cm}^2$; $\tau = \dfrac{500000}{948} = 527\ \text{kg/cm}^2$.

$$\sigma_r = \sqrt{1416^2 + 1{,}57 \times 527^2} = 1562\ \text{kg/cm}^2;\ \nu = \frac{2600}{1562} = 1{,}66\ (> 1{,}5).$$

$$\alpha = \frac{500 \times 500000}{810000 \times 19826} \times \frac{180}{\pi} = 0{,}89°;\ \frac{0{,}89}{2} = 0{,}45°\ \text{por m};\ f = \frac{4000 \times 200^3}{3 \times 2100000 \times 6211} = 0{,}82\ \text{cm} = \frac{l}{244}.$$

Ejemplo 2.°

Cálculo de las tensiones en una viga de 2,0 m de luz apoyada en sus dos extremos, que soporta una carga de 4000 kg excéntricamente, a 12 cm del eje de la viga. Acero tipo A 42; carga variable de máximo a cero.

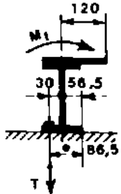


$A = B = \dfrac{4000}{2} = 2000$ kg. $M = \dfrac{4000 \times 200}{4} = 200000$ kg cm.

$M_t = \dfrac{4000 \times 12}{2} = 24000$ kg cm, torsión uniforme hasta los dos apoyos.

Adoptando I PN 26:

$I_x = 5740\ \text{cm}^4$; $W_x = 442\ \text{cm}^3$; $I_T = 36{,}1\ \text{cm}^4$; $b = 113$ mm; $w = 60$ mm.



$e_1 = 14{,}1$ mm; $\mu = 1{,}31$ (Tabla 18.6): $W_T = \dfrac{36{,}1}{1{,}41 \times 1{,}31} = 19{,}54\ \text{cm}^3$.

$\sigma = \dfrac{200000}{442} = 452\ \text{kg/cm}^2$; $\tau = \dfrac{24000}{19{,}54} = 1228\ \text{kg/cm}^2$.

$\sigma_r = \sqrt{452^2 + 1{,}57 \times 1228^2} = 1604\ \text{kg/cm}^2$; $\gamma = \dfrac{2600}{1604} = 1{,}62\ (> 1{,}5)$.

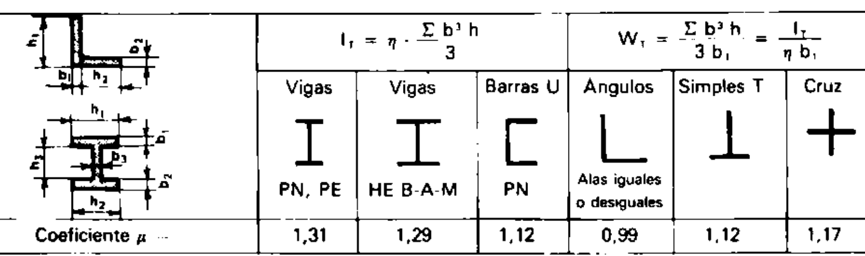
Si en el apoyo, se dispone la viga atornillada, la tensión será:

$$T = \frac{M_t}{e} = \frac{24000}{8{,}65} = 2775\ \text{kg}.$$

Momentos de inercia polar	MÓDULO DE TORSIÓN Y MÓDULO RESISTENTE DE LA TORSIÓN, DE PERFILES	TABLA 18 . 6

SECCIÓN	*Módulo de torsión*	*Módulo resistente de la torsión*

PERFILES



	$I_T = \eta \cdot \frac{\Sigma b^3 h}{3}$			$W_T = \frac{\Sigma b^3 h}{3 b_1} = \frac{I_T}{\eta b_1}$		
	Vigas I PN, PE	Vigas I HE B-A-M	Barras U PN	Angulos L Alas iguales o desiguales	Simples T ⊥	Cruz +
Coeficiente μ	1,31	1,29	1,12	0,99	1,12	1,17

Nota.—En las Tablas de perfiles laminados figuran módulos de torsión para I, I y U.

PERFILES HUECOS REGULARES E IRREGULARES



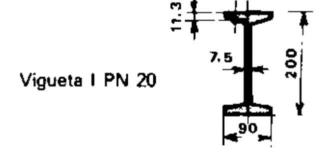
$$I_T = \frac{4 A^2 e}{l_m}$$

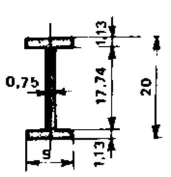
$$W_T = 2 A e$$

A Área de la superficie limitada por la línea media
l_m Longitud de la línea media
e Espesor de la pared del perfil.

Ejemplo 1.°.—Cálculo del módulo de torsión I_T y del módulo resistente de la torsión W_T, de una I PN 20.

Vigueta I PN 20





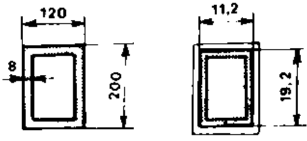
Perfil para el cálculo.

$$I_T = 1,31 \times \frac{2 \times 1,13^2 \times 9 + 0,75^2 \times 17,74}{3} = 1,31 \times 11,152 = 14,61 \text{ cm}^4$$

$$W_T = \frac{2 \times 1,13^2 \times 9 + 0,75^2 \times 17,74}{3 \times 1,13} = \frac{11,152}{1,13} = 9,87 \text{ cm}^3.$$

$$I_T = 14,6 \text{ cm}^4;\ W_T = \frac{14,6}{1,31 \times 1,13} = 9,86 \text{ cm}^3.$$

Ejemplo 2.°.—Cálculo del módulo de torsión I_T y del módulo resistente de la torsión W_T, de un tubo de 200 × 120 × 8.



$A = 19,2 \times 11,2 = 215,04 \text{ cm}^2$
$l_m = 2 \times (19,2 + 11,2) = 60,8 \text{ cm}.$

$$I_T = \frac{4 \times 215,04^2 \times 0,8}{60,8} = 2434 \text{ cm}^4;\ W_T = 2 \times 215,04 \times 0,8 = 344 \text{ cm}^3.$$

NOTA.— Véase más información en la página 130.

CORTADURA

Esfuerzo cortante simple

Cuando un cuerpo o barra es sometido a la acción de una fuerza F transversal (perpendicular) a su eje longitudinal, la sección correspondiente A está sometida a una tensión de cortadura:

$$\tau = \frac{F}{A}$$

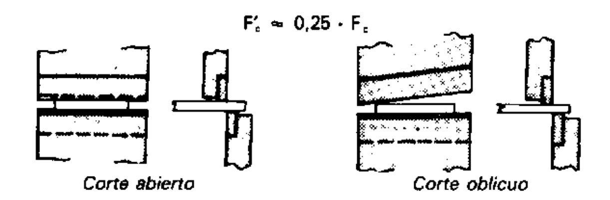
El corte o sección abierto o cerrado (el punzonado), para su ejecución precisa la acción de una fuerza de cortadura F_c cuyo valor es igual al producto de la sección A por el coeficiente de rotura a cortadura τ_r del material de que se compone la barra.

$$F_c = A \cdot \tau_{cr}$$

siendo $\tau_c = 0{,}8 \cdot \sigma_r$ (σ_r es el coeficiente de rotura por tracción).

Si la cuchilla que ha de efectuar el corte se dispone oblicuamente, la fuerza de corte F'_c es aproximadamente igual a la cuarta parte de la fuerza F_c necesaria para efectuar el mismo corte abierto.

$$F'_c \approx 0{,}25 \cdot F_c$$



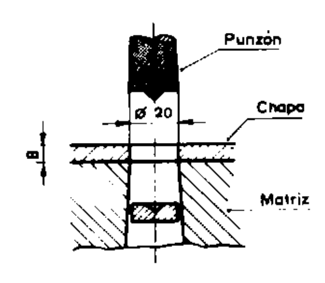
Corte abierto *Corte oblicuo*

Ejemplo. — Cálculo de la presión que ha de ejercer una máquina punzonadora para efectuar un agujero de 20 mm ∅, en una chapa de 8 mm de espesor. Material, acero tipo A 42.

Tensión de rotura por tracción, $\sigma_r = 42$ a 50 kg/mm².
Tensión de rotura por cortadura, $\sigma_c = 0{,}8 \cdot \sigma_r = 33{,}6$ a 40 kg/mm².
Sección de corte, $A = \pi \times 20 \times 8 = 502{,}6$ mm².

Presión de cortadura:

$$F_c = A \cdot \sigma_c = 16887 \text{ a } 20104 \text{ kg.}$$



RESISTENCIA DE LOS ROBLONES

Solicitación por aplastamiento

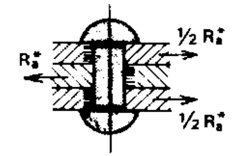
Se considera como solicitud de agotamiento por aplastamiento de la espiga del roblón contra la chapa o perfil, al producto:

$$2{,}5 \cdot \sigma_u \cdot A_a \; (= R_a^*), \text{ siendo:}$$

σ_u La resistencia de cálculo del acero que forma la estructura

A_a El área de contacto entre espiga y perfil ($= d \cdot e$)

(R_a^* La solicitación por aplastamiento para cargas mayoradas).



Solicitación por cortadura

Se considera como solicitud de agotamiento por cortadura, al producto:

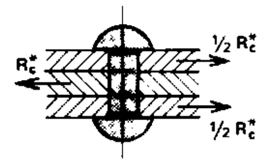
$$0{,}80 \cdot \sigma_t \cdot n \cdot A_c \; (= R_c^*), \text{ siendo:}$$

σ_t La resistencia de cálculo del roblón, = 2400 kg/cm² para acero A 34 o similar, y 3000 kg/cm² para el acero A 42.

n El número de secciones transversales que soportan conjuntamente el esfuerzo cortante.

A_c El área de la sección del agujero.

(R_c^* La solicitación por cortadura para cargas mayoradas).



Solicitación a tracción

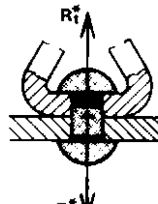
Cuando excepcionalmente un roblón está solicitado a tracción, se considera como solicitud de agotamiento, al producto:

$$0{,}25 \cdot \sigma_t \cdot A_t \; (= R_t^*), \text{ siendo:}$$

σ_t La resistencia de cálculo del roblón (a cortadura).

A_t El área de la sección del agujero.

Nota.—Deben evitarse las uniones con roblones sometidos a esfuerzos de tracción.



Solicitación por tracción y cortadura

Cuando excepcionalmente un roblón está solicitado simultáneamente a tracción y cortadura, se comprobará que

$$\left(\frac{N^*}{R_t}\right) + \left(\frac{T^*}{R_c}\right)^2 \leq 1, \text{ siendo:}$$

N^* El esfuerzo normal ponderado a tracción.

T^* El esfuerzo cortante ponderado.

$R_t = 0{,}25 \cdot \sigma_t \cdot A_t$ La solicitud de agotamiento a tracción

$R_c = 0{,}80 \cdot n \cdot \sigma_t \cdot A_c$ La solicitud de agotamiento a esfuerzo cortante.

Nota.—En la Tabla 19.6 se exponen valores de resistencia de roblones normalizados, para cargas mayoradas (*).

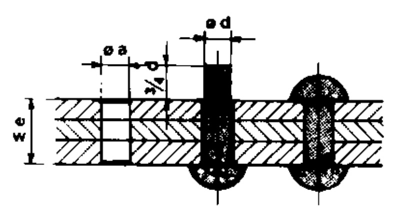
Roblones

El diámetro nominal d del roblón es el de la espiga en frío; el diámetro del agujero es $a = d + 1$, en milímetros. La longitud de la espiga para el roblonado, se hace:

$$L = \frac{4 \cdot d}{3} + \Sigma e, \text{ siendo}$$

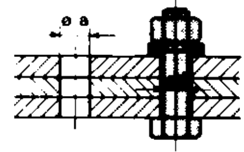
d, el diámetro nominal del roblón.

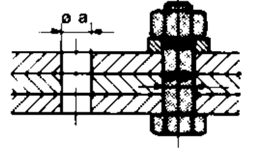
Σe, la suma de los espesores de los elementos que forman la unión.

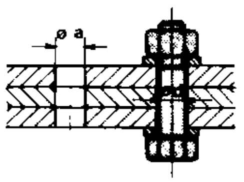


Tornillos

El diámetro nominal d de los tornillos ordinarios es el de la caña; el diámetro a del agujero será 1 mm mayor. En los tornillos calibrados el diámetro nominal d coincide con el a de la caña. En los tornillos de alta resistencia, a es 1 mm a 2 mayor que el nominal d.







Disposiciones constructivas

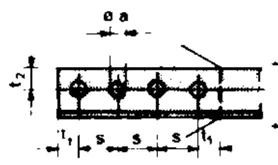
La distancia s entre centros de agujeros de diámetro a y espesor mínimo e, será:

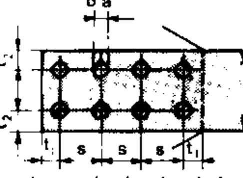
distancia mínima para roblones .... $s \geq 3 \cdot a$
distancia mínima para tornillos .... $s \geq 3{,}5 \cdot a$
distancia máxima en general .... $s \leq 8 \cdot a$, o $s \leq 15 \cdot e$

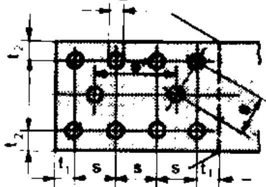
En uniones de atado de piezas sometidas a tracción, $s \leq 10 \cdot a$, a compresión $s \leq 25 \cdot e$

En uniones de fuerza, a tracción $s \leq 10 \cdot a$, a compresión $s \leq 7 \cdot a$

En barras de gran anchura con más de dos filas de roblones o tornillos en la dirección del esfuerzo, el valor de la distancia en esa dirección será $s' \approx 2 \cdot s$.







La distancia entre centros de agujeros y los bordes de las piezas a unir, será:

al borde frontal .... $t_1 \geq 2 \cdot a$
al borde lateral .... $t_2 \geq 1{,}5 \cdot a$
Valor máximo a cualquier borde .... $t \leq 3 \cdot a$, o bien $t \leq e$

Elección de los diámetros

Se recomienda $d \approx \sqrt{5 \cdot e} - 0{,}2$ cm, siendo:

d el diámetro en cm de la espiga de roblón o tornillo

e el menor espesor en cm, de las piezas que forman la unión.

La suma de espesores de las piezas unidas Σe, no excederá de $4{,}5 \cdot d$ para roblones o tornillos, o de $6{,}5 \cdot d$ en los tornillos calibrados.

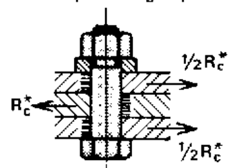
RESISTENCIA DE LOS TORNILLOS

Solicitación por aplastamiento

Se considera como solicitud de agotamiento de la espiga del tornillo contra la chapa o perfil, al producto:

$2 \cdot \sigma_u \cdot A_a$ (= R_a^*), para los tornillos ordinarios.
$2{,}5 \cdot \sigma_u \cdot A_a$ (= R_a^*), para los tornillos calibrados.
$3 \cdot \sigma_u \cdot A_a$ (= R_a^*), para los tornillos de alta resistencia, siendo:

σ_u La resistencia de cálculo del acero que forma la estructura
A_a El área de contacto entre la espiga y la chapa (= $d \cdot e$).
(R_a^* La solicitación por aplastamiento para cargas ponderadas).

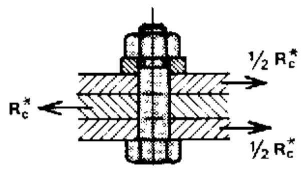


Solicitación por cortadura

Se considera como solicitud de agotamiento por cortadura, al producto:

$0{,}65 \cdot \sigma_t \cdot n \cdot A_c$, para los tornillos ordinarios.
$0{,}80 \cdot \sigma_t \cdot n \cdot A_c$, para los tornillos calibrados, siendo

σ_t La resistencia de cálculo del tornillo – 2440 kg/cm² para acero 4 D (similar a A 4t), y 3000 kg/cm₂ para acero 5 D (similar a 5t).
A_c El área de la sección de la caña del tornillo
(R_c^* La solicitación por cortadura para cargas mayoradas).

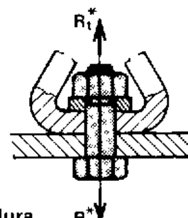


Solicitación a tracción

Se considera como solicitud de agotamiento por tracción, al producto:

$0{,}80 \cdot \sigma_t \cdot A_t$, siendo

σ_t La resistencia de cálculo del tornillo (a cortadura).
A_t El área resistente del tornillo (en la rosca).



Solicitación por tracción y cortadura

Cuando un tornillo está sometido simultáneamente a esfuerzos de tracción y de cortadura, se comprobará que:

a) El esfuerzo de tracción es inferior a la solicitud de agotamiento considerada en el caso anterior
b) En la espiga se verificaría:

$$\sigma_{co} = \sqrt{\sigma^{*2} + 3} \cdot \tau^{*2} \leq \sigma_t, \text{ siendo:}$$

σ^* La tensión normal ponderada por tracción.
τ^* La tensión ponderada por esfuerzo cortante.
σ_t La resistencia de cálculo del tornillo (especificada en la solicitud por cortadura).

Nota. — En la Tabla 20.6 se exponen valores de resistencia de tornillos normalizados, para carga mayoradas (*).

Tablas para calcular roblones y tornillos

En los roblones y tornillos, al transmitir fuerzas de tracción o de compresión perpendiculares a la caña, se producen tensiones de aplastamiento y de cortadura, que son independientes entre sí, considerando para el cálculo de estos medios de unión las más desfavorables.

Cuando el cálculo de los elementos o estructuras metálicas se realiza con fuerzas mayoradas al aplicar a las reales el coeficiente de ponderación (o de seguridad), al calcular también los roblones o tornillos con estas fuerzas mayoradas queda aplicado a éstos el mismo grado de seguridad que el que tienen los elementos o estructuras metálicas.

En la Tabla 19.6 se exponen valores de resistencia de roblones considerando aplicada a la estructura fuerzas ponderadas que permitan con el suficiente grado de seguridad alcanzar tensiones de 2,6 t/cm² para el acero tipo A 42 y 3,6 t/cm² para el de tipo A 52; asimismo, en la Tabla 20.6 se exponen valores de resistencia de tornillos ordinarios y calibrados.

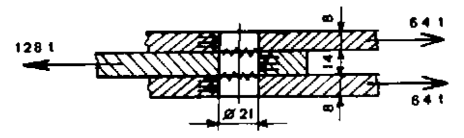
Empleo de las tablas

Ejemplo. — Cálculo de los medios de unión (roblones o tornillos calibrados) de una barra sometida a un esfuerzo real de 90 t, a la cartela de 14 mm de espesor, de un nudo de estructura de acero tipo A 42; la fuerza se considera de tracción, y permanentemente, en este ejemplo.

Coeficiente de ponderación (Tabla 2.6), $\gamma = 1{,}33$
Fuerza para el cálculo, $F^* = 90 \times 1{,}33 = 119{,}7 \text{ t} \approx 120 \text{ t}$.

La barra puede estar formada por 2 U PN 18 para ser unida por el alma mediante dos filas de roblones o tornillos, en agujeros de 21 mm ⌀; esta barra puede soportar una fuerza de tracción de 128 t, fuerza para la que han de calcularse aquellos, en lugar de las 120 t.

Los roblones o tornillos están sometidos a doble sección de cortadura o a un aplastamiento correspondiente a 1,4 cm de espesor (mínimo por la cartela, ya que el de la barra es de $2 \times 0{,}8 = 1{,}6$ cm).



La solicitud por aplastamiento para 1,4 cm de espesor, resulta:

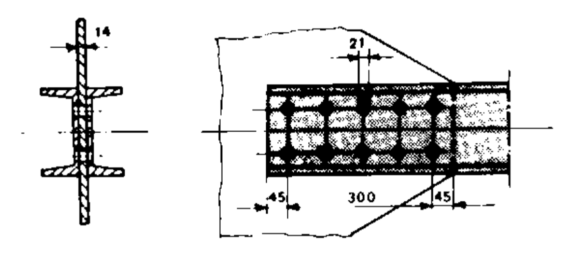
$$R_*^* = 13{,}65 \times 1{,}4 = 19{,}11 \text{ t por cada roblón o tornillo.}$$

La solicitud por doble cortadura es de 13,3 t (en las Tablas 19.6 y 20.6).

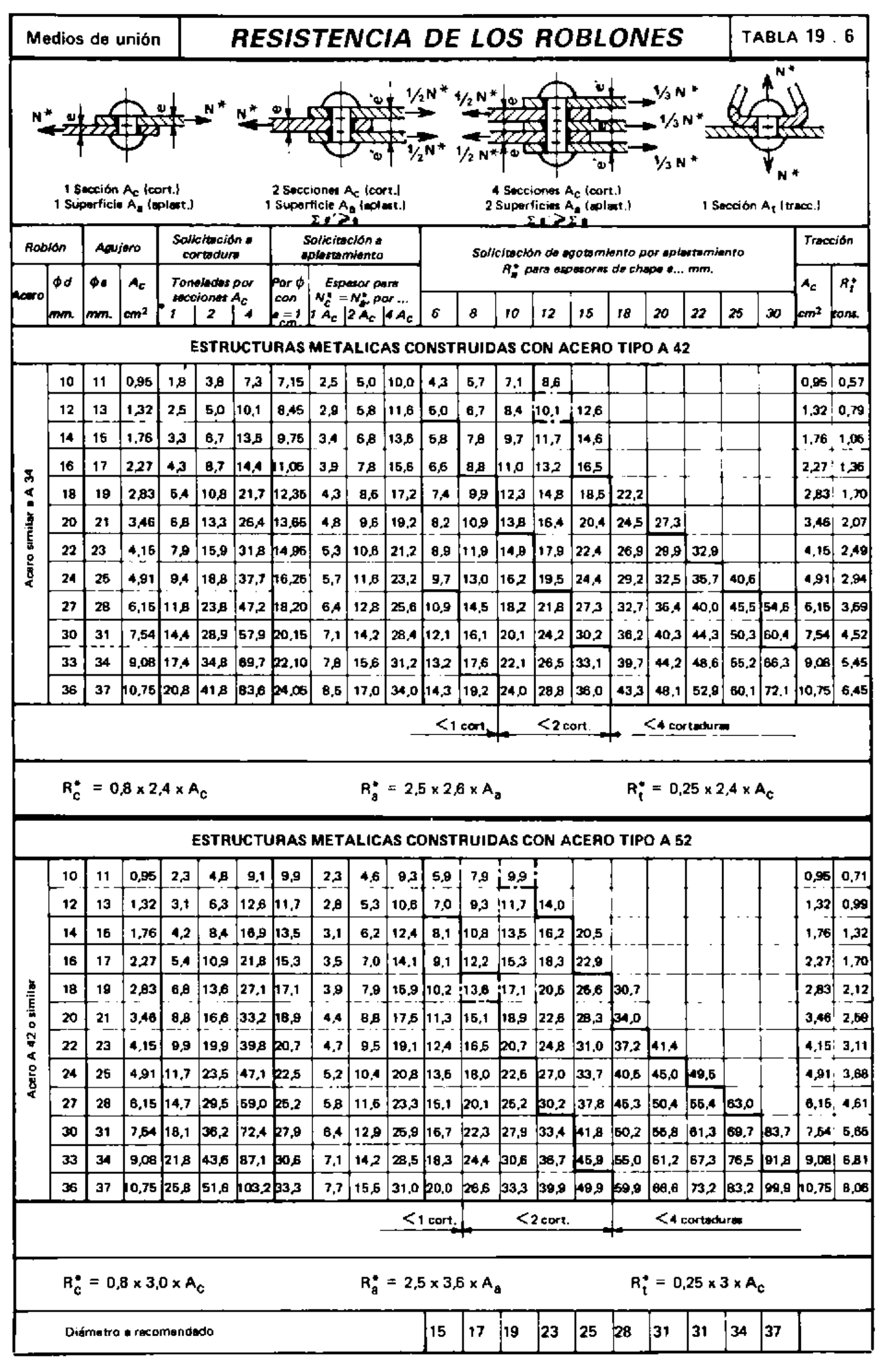
Número de roblones o tornillos necesarios para la unión:

$$n = \frac{128}{19{,}11} = 6{,}7 \approx 7 \text{ por aplastamiento; } n = \frac{128}{13{,}3} = 9{,}6 \approx 10 \text{ por cortadura.}$$

La unión se dispondrá con dos filas de cinco roblones o tornillos ajustados como se representa en la figura (cinco por fila es el máximo que se debe disponer en las uniones de fuerza).



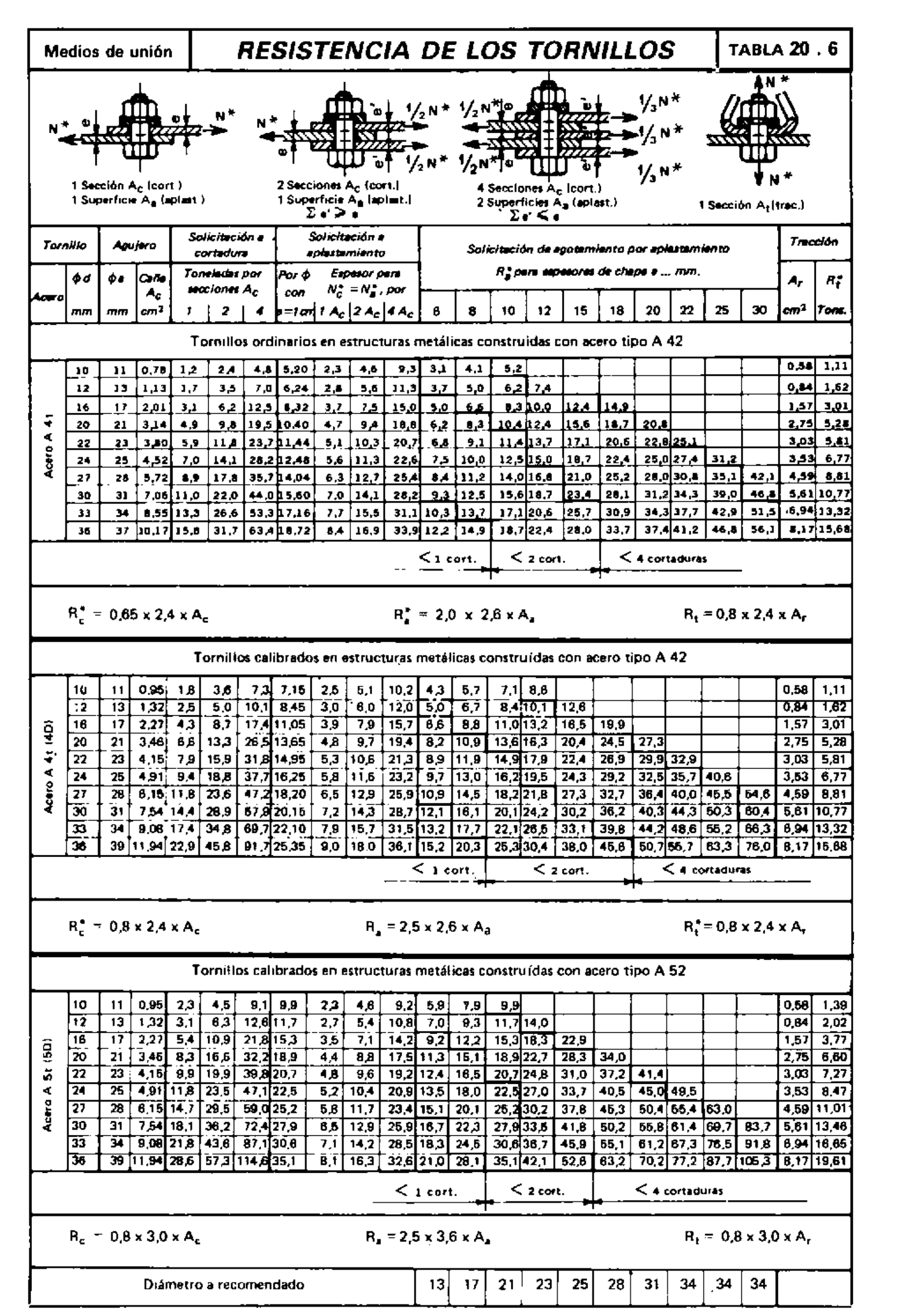
Medios de unión	RESISTENCIA DE LOS ROBLONES	TABLA 19 . 6



Roblón		Agujero		Solicitación a cortadura			Solicitación a aplastamiento				Solicitación de agotamiento por aplastamiento R_a^* para espesores de chapa e... mm.										Tracción	
Acero	φd mm.	φa mm.	A_c cm²	Toneladas por secciones A_c 1	2	4	Por φ con e = 1 cm.	Espesor para $N_c^* = N_a^*$, por ... 1 A_c	2 A_c	4 A_c	6	8	10	12	15	18	20	22	25	30	A_c cm²	R_t^* tons.
ESTRUCTURAS METALICAS CONSTRUIDAS CON ACERO TIPO A 42																						
Acero similar a A 34	10	11	0,95	1,8	3,8	7,3	7,15	2,5	5,0	10,0	4,3	5,7	7,1	8,6							0,95	0,57
	12	13	1,32	2,5	5,0	10,1	8,45	2,9	5,8	11,6	5,0	6,7	8,4	10,1	12,6						1,32	0,79
	14	15	1,76	3,3	6,7	13,5	9,75	3,4	6,8	13,6	5,8	7,8	9,7	11,7	14,6						1,76	1,06
	16	17	2,27	4,3	8,7	14,4	11,05	3,9	7,8	15,6	6,6	8,8	11,0	13,2	16,5						2,27	1,36
	18	19	2,83	5,4	10,8	21,7	12,35	4,3	8,6	17,2	7,4	9,9	12,3	14,8	18,5	22,2					2,83	1,70
	20	21	3,46	6,8	13,3	26,4	13,65	4,8	9,6	19,2	8,2	10,9	13,8	16,4	20,4	24,5	27,3				3,46	2,07
	22	23	4,15	7,9	15,9	31,8	14,95	5,3	10,6	21,2	8,9	11,9	14,9	17,9	22,4	26,9	29,9	32,9			4,15	2,49
	24	25	4,91	9,4	18,8	37,7	16,25	5,7	11,6	23,2	9,7	13,0	16,2	19,5	24,4	29,2	32,5	35,7	40,6		4,91	2,94
	27	28	6,15	11,8	23,8	47,2	18,20	6,4	12,8	25,6	10,9	14,5	18,2	21,8	27,3	32,7	36,4	40,0	45,5	54,6	6,15	3,69
	30	31	7,54	14,4	28,9	57,9	20,15	7,1	14,2	28,4	12,1	16,1	20,1	24,2	30,2	36,2	40,3	44,3	50,3	60,4	7,54	4,52
	33	34	9,08	17,4	34,8	69,7	22,10	7,8	15,6	31,2	13,2	17,6	22.1	26,5	33,1	39,7	44,2	48,6	55,2	66,3	9,08	5,45
	36	37	10,75	20,8	41,8	83,6	24,05	8,5	17,0	34,0	14,3	19,2	24,0	28,8	36,0	43,3	48,1	52,9	60,1	72,1	10,75	6,45
											<1 cort.		<2 cort.			<4 cortaduras						
$R_c^* = 0{,}8 \times 2{,}4 \times A_c$								$R_a^* = 2{,}5 \times 2{,}6 \times A_a$							$R_t^* = 0{,}25 \times 2{,}4 \times A_c$							
ESTRUCTURAS METALICAS CONSTRUIDAS CON ACERO TIPO A 52																						
Acero A 42 o similar	10	11	0,95	2,3	4,8	9,1	9,9	2,3	4,6	9,3	5,9	7,9	9,9								0,95	0,71
	12	13	1,32	3,1	6,3	12,6	11,7	2,8	5,3	10,6	7,0	9,3	11,7	14,0							1,32	0,99
	14	15	1,76	4,2	8,4	16,9	13,5	3,1	6,2	12,4	8,1	10,8	13,5	16,2	20,5						1,76	1,32
	16	17	2,27	5,4	10,9	21,8	15,3	3,5	7,0	14,1	9,1	12,2	16,3	18,3	22,9						2,27	1,70
	18	19	2,83	6,8	13,6	27,1	17,1	3,9	7,9	15,9	10,2	13,6	17,1	20,6	26,6	30,7					2,83	2,12
	20	21	3,46	8,8	16,6	33,2	18,9	4,4	8,8	17,5	11,3	15,1	18,9	22,6	28,3	34,0					3,46	2,59
	22	23	4,15	9,9	19,9	39,8	20,7	4,7	9,5	19,1	12,4	16,5	20,7	24,8	31,0	37,2	41,4				4,15	3,11
	24	25	4,91	11,7	23,5	47,1	22,5	5,2	10,4	20,8	13,6	18,0	22,6	27,0	33,7	40,6	45,0	49,5			4,91	3,68
	27	28	6,15	14,7	29,5	59,0	25,2	5,8	11,6	23,3	15,1	20,1	25,2	30,2	37,8	45,3	50,4	55,4	63,0		6,15	4,61
	30	31	7,54	18,1	36,2	72,4	27,9	6,4	12,9	25,9	16,7	22,3	27,9	33,4	41,8	50,2	55,8	61,3	69,7	83,7	7,54	5,65
	33	34	9,08	21,8	43,6	87,1	30,6	7,1	14,2	28,5	18,3	24,4	30,6	36,7	45,9	55,0	61,2	67,3	76,5	91,8	9,08	6,81
	36	37	10,75	25,8	51,6	103,2	33,3	7,7	15,5	31,0	20,0	26,6	33,3	39,9	49,9	59,9	66,6	73,2	83,2	99,9	10,75	8,06
											<1 cort.		<2 cort.			<4 cortaduras						
$R_c^* = 0{,}8 \times 3{,}0 \times A_c$								$R_a^* = 2{,}5 \times 3{,}6 \times A_a$							$R_t^* = 0{,}25 \times 3 \times A_c$							
Diámetro a recomendado											15	17	19	23	25	28	31	31	34	37		

NOTA. La resistencia de los remaches, que figura en la Tabla corresponde a uniones mayoradas (por 1,5) para $\sigma = 2{,}6$ t/cm² en acero A-42 y 3,6t/cm² en acero A-52 (véase pág. 184). Para valores de resistencia normales (sin mayorar) multiplíquense los de la Tabla por 0,667).

Medios de unión | **RESISTENCIA DE LOS TORNILLOS** | TABLA 20 . 6



Tornillo		Agujero		Solicitación a cortadura			Solicitación a aplastamiento				Solicitación de agotamiento por aplastamiento R_a^* para espesores de chapa e ... mm.										Tracción	
Acero	φd mm	φa mm	Caña A_c cm²	Toneladas por secciones A_c 1	2	4	Por φ con e=1 cm	Espesor para $N_c^* = N_a^*$, por 1 A_c	2 A_c	4 A_c	6	8	10	12	15	18	20	22	25	30	A_r cm²	R_t^* Tons.
Tornillos ordinarios en estructuras metálicas construidas con acero tipo A 42																						
Acero A 41	10	11	0,78	1,2	2,4	4,8	5,20	2,3	4,6	9,3	3,1	4,1	5,2								0,58	1,11
	12	13	1,13	1,7	3,5	7,0	6,24	2,8	5,6	11,3	3,7	5,0	6,2	7,4							0,84	1,62
	16	17	2,01	3,1	6,2	12,5	8,32	3,7	7,5	15,0	5,0	6,6	8,3	10,0	12,4	14,9					1,57	3,01
	20	21	3,14	4,9	9,8	19,5	10,40	4,7	9,4	18,8	6,2	8,3	10,4	12,4	15,6	18,7	20,8				2,75	5,28
	22	23	3,80	5,9	11,8	23,7	11,44	5,1	10,3	20,7	6,8	9,1	11,4	13,7	17,1	20,6	22,8	25,1			3,03	5,81
	24	25	4,52	7,0	14,1	28,2	12,48	5,6	11,3	22,6	7,5	10,0	12,5	15,0	18,7	22,4	25,0	27,4	31,2		3,53	6,77
	27	28	5,72	8,9	17,8	35,7	14,04	6,3	12,7	25,4	8,4	11,2	14,0	16,8	21,0	25,2	28,0	30,8	35,1	42,1	4,59	8,81
	30	31	7,06	11,0	22,0	44,0	15,60	7,0	14,1	28,2	9,3	12,5	15,6	18,7	23,4	28,1	31,2	34,3	39,0	46,8	5,61	10,77
	33	34	8,55	13,3	26,6	53,3	17,16	7,7	15,5	31,1	10,3	13,7	17,1	20,6	25,7	30,9	34,3	37,7	42,9	51,5	6,94	13,32
	36	37	10,17	15,8	31,7	63,4	18,72	8,4	16,9	33,9	12,2	14,9	18,7	22,4	28,0	33,7	37,4	41,2	46,8	56,1	8,17	15,68
											< 1 cort.		< 2 cort.			< 4 cortaduras						

$R_c^* = 0{,}65 \times 2{,}4 \times A_c$ $R_a^* = 2{,}0 \times 2{,}6 \times A_a$ $R_t = 0{,}8 \times 2{,}4 \times A_r$

Tornillos calibrados en estructuras metálicas construidas con acero tipo A 42																						
Acero A 4t (4D)	10	11	0,95	1,8	3,6	7,3	7,15	2,5	5,1	10,2	4,3	5,7	7,1	8,6							0,58	1,11
	12	13	1,32	2,5	5,0	10,1	8,45	3,0	6,0	12,0	5,0	6,7	8,4	10,1	12,6						0,84	1,62
	16	17	2,27	4,3	8,7	17,4	11,05	3,9	7,9	15,7	6,6	8,8	11,0	13,2	16,5	19,9					1,57	3,01
	20	21	3,46	6,6	13,3	26,5	13,65	4,8	9,7	19,4	8,2	10,9	13,6	16,3	20,4	24,5	27,3				2,75	5,28
	22	23	4,15	7,9	15,9	31,8	14,95	5,3	10,6	21,3	8,9	11,9	14,9	17,9	22,4	26,9	29,9	32,9			3,03	5,81
	24	25	4,91	9,4	18,8	37,7	16,25	5,8	11,6	23,2	9,7	13,0	16,2	19,5	24,3	29,2	32,5	35,7	40,6		3,53	6,77
	27	28	6,15	11,8	23,6	47,2	18,20	6,5	12,9	25,9	10,9	14,5	18,2	21,8	27,3	32,7	36,4	40,0	45,5	54,6	4,59	8,81
	30	31	7,54	14,4	28,9	57,8	20,15	7,2	14,3	28,7	12,1	16,1	20,1	24,2	30,2	36,2	40,3	44,3	50,3	60,4	5,61	10,77
	33	34	9,08	17,4	34,8	69,7	22,10	7,9	15,7	31,5	13,2	17,7	22,1	26,5	33,1	39,8	44,2	48,6	55,2	66,3	6,94	13,32
	36	39	11,94	22,9	45,8	91,7	25,35	9,0	18,0	36,1	15,2	20,3	25,3	30,4	38,0	45,6	50,7	56,7	63,3	76,0	8,17	15,68
											< 1 cort.		< 2 cort.				< 4 cortaduras					

$R_c^* = 0{,}8 \times 2{,}4 \times A_c$ $R_a = 2{,}5 \times 2{,}6 \times A_a$ $R_t^* = 0{,}8 \times 2{,}4 \times A_r$

Tornillos calibrados en estructuras metálicas construídas con acero tipo A 52																						
Acero A 5t (5D)	10	11	0,95	2,3	4,5	9,1	9,9	2,3	4,6	9,2	5,9	7,9	9,9								0,58	1,39
	12	13	1,32	3,1	6,3	12,6	11,7	2,7	5,4	10,8	7,0	9,3	11,7	14,0							0,84	2,02
	16	17	2,27	5,4	10,9	21,8	15,3	3,5	7,1	14,2	9,2	12,2	15,3	18,3	22,9						1,57	3,77
	20	21	3,46	8,3	16,6	32,2	18,9	4,4	8,8	17,5	11,3	15,1	18,9	22,7	28,3	34,0					2,75	6,60
	22	23	4,15	9,9	19,9	39,8	20,7	4,8	9,6	19,2	12,4	16,5	20,7	24,8	31,0	37,2	41,4				3,03	7,27
	24	25	4,91	11,8	23,5	47,1	22,5	5,2	10,4	20,9	13,5	18,0	22,5	27,0	33,7	40,5	45,0	49,5			3,53	8,47
	27	28	6,15	14,7	29,5	59,0	25,2	5,8	11,7	23,4	15,1	20,1	25,2	30,2	37,8	45,3	50,4	55,4	63,0		4,59	11,01
	30	31	7,54	18,1	36,2	72,4	27,9	6,5	12,9	25,9	16,7	22,3	27,9	33,5	41,8	50,2	55,8	61,4	69,7	83,7	5,61	13,46
	33	34	9,08	21,8	43,6	87,1	30,6	7,1	14,2	28,5	18,3	24,5	30,6	36,7	45,9	55,1	61,2	67,3	76,5	91,8	6,94	16,65
	36	39	11,94	28,6	57,3	114,6	35,1	8,1	16,3	32,6	21,0	28,1	35,1	42,1	52,6	63,2	70,2	77,2	87,7	105,3	8,17	19,61
											< 1 cort.		< 2 cort.			< 4 cortaduras						

$R_c = 0{,}8 \times 3{,}0 \times A_c$ $R_a = 2{,}5 \times 3{,}6 \times A_a$ $R_t = 0{,}8 \times 3{,}0 \times A_r$

Diámetro a recomendado											13	17	21	23	25	28	31	34	34	34		

NOTA La resistencia de los tornillos, que figura en la Tabla corresponde a uniones mayoradas (por 1,5) para $\sigma = 2{,}6$ t/cm² en acero A-42 y 3,6 en acero A-52 (véase página 184). Para valores de resistencia normales (sin mayorar) multiplíquense los de la Tabla por 0,667.

ROBLONES DE ACERO PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS

Medios de unión

DIMENSIONES DE LOS ROBLONES DE CABEZA ESFÉRICA

TABLA 21₁ . 6

Roblón tipo	Diámetro de la caña d mm	Diámetro de la cabeza d_1 mm	Altura de la cabeza h mm	Radio de la cabeza r mm	Radio de acuerdo r_1 mm	Diámetro del agujero a mm
E 10	10	16	6,5	8	0,5	11
E 12	12	19	7,5	9,5	0,6	13
E 14	14	22	9	11	0,6	15
E 16	16	25	10	13	0,8	17
E 18	18	28	11,5	14,5	0,8	19
E 20	20	32	13	16,5	1	21
E 22	22	36	14	18,5	1	23
E 24	24	40	16	20,5	1,2	25
E 27	27	43	17	22	1,2	28
E 30	30	48	19	24,5	1,6	31
E 33	33	53	21	27	1,6	34
E 36	36	58	23	30	2	37

Medios de unión

DIMENSIONES DE LOS ROBLONES DE CABEZA BOMBEADA

TABLA 21₂ . 6

Roblón tipo	Diámetro de la caña d mm	Ángulo del cono α grados	Diámetro de la cabeza d_1 mm	Altura de la cabeza h mm	Flecha de la cabeza h_1 mm	Radio de la cabeza r mm	Diámetro del agujero a mm
B 10	10	75	14,5	3	1	27	11
B 12	12	75	18	4	1	41	13
B 14	14	75	21,5	5	1	58	15
B 16	16	75	26	6,5	1	85	17
B 18	18	75	30	8	1	113	19
B 20	20	60	31,5	10	1	125	21
B 22	22	60	34,5	11	2	76	23
B 24	24	60	38	12	2	91	25
B 27	27	60	42	13,5	2	111	28
B 30	30	45	42,5	15	2	114	31
B 33	33	45	46,5	16,5	2	136	34
B 36	36	45	51	18	2	164	37

Medios de unión

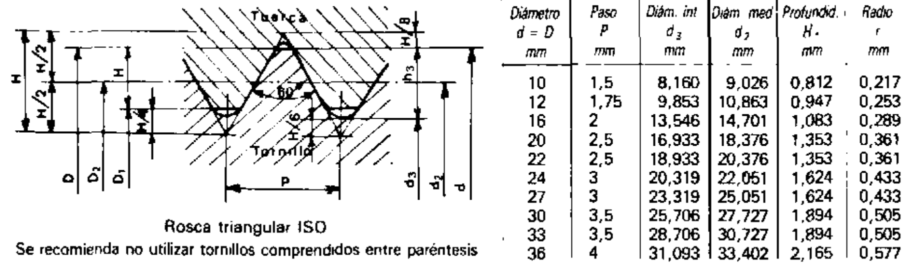
DIMENSIONES DE LOS ROBLONES DE CABEZA PLANA

TABLA 21₃ . 6

Roblón tipo	Diámetro de la caña d mm	Angulo del cono α grados	Diámetro de la cabeza d_1 mm	Altura de la cabeza h mm	Diámetro del agujero a mm
P 10	10	75	14,5	3	11
P 12	12	75	18	4	13
P 14	14	75	21,5	5	15
P 16	16	75	26	6,5	17
P 18	18	75	30	8	19
P 20	20	60	31,5	10	21
P 22	22	60	34,5	11	23
P 24	24	60	38	12	25
P 27	27	60	42	13,5	28
P 30	30	45	42,5	15	31
P 33	33	45	46,5	16,5	34
P 36	36	45	51	18	37

(Coincide con la Norma MV-105)

Medios de unión	**TORNILLOS PARA ESTRUCTURAS DE ACERO** *DIMENSIONES NOMINALES DE LA ROSCA TRIANGULAR ISO*	TABLA 22₁ . 6



Rosca triangular ISO

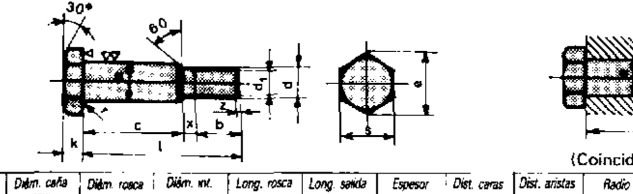
Se recomienda no utilizar tornillos comprendidos entre paréntesis

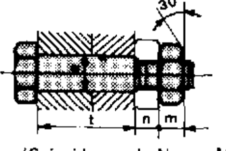
Diámetro $d = D$ mm	Paso P mm	Diám. int d_3 mm	Diám. med d_2 mm	Profundid. H_1 mm	Radio r mm
10	1,5	8,160	9,026	0,812	0,217
12	1,75	9,853	10,863	0,947	0,253
16	2	13,546	14,701	1,083	0,289
20	2,5	16,933	18,376	1,353	0,361
22	2,5	18,933	20,376	1,353	0,361
24	3	20,319	22,051	1,624	0,433
27	3	23,319	25,051	1,624	0,433
30	3,5	25,706	27,727	1,894	0,505
33	3,5	28,706	30,727	1,894	0,505
36	4	31,093	33,402	2,165	0,577

Medios de unión	**DIMENSIONES DE LOS TORNILLOS ORDINARIOS**	TABLA 22₂ . 6

Tornillo Tipo	Diám. caña d mm	Diám. int d_1 mm	Long. rosca mm	Salida rosca x mm	Long. chafl. z mm	Espesor k mm	Dist. caras s mm	Dist. aristas e mm	Radio r mm	Tuerca m mm	Agujero $\varnothing a$ mm	Área núcleo A_n cm²	Área resist. A_r cm²
T 10	10	8,160	17,5	2,5	1,7	7	17	19,6	0,5	8	11	0,523	0,580
T 12	12	9,853	19,5	2,5	2	8	19	21,9	1	10	13	0,762	0,843
T 16	16	13,546	23	3	2,5	10	24	27,7	1	13	17	1,44	1,57
T 20	20	16,933	26	4	3	13	30	34,6	1	16	21	2,25	2,75
(T 22)	22	18,933	28	4	3,3	14	32	36,9	1	18	23	2,82	3,03
T 24	24	20,319	29,5	4,5	4	15	36	41,6	1	19	25	3,24	3,53
(T 27)	27	23,319	32,5	4,5	4	17	41	47,3	1	22	28	4,27	4,56
T 30	30	25,706	35	5	5	19	46	53,1	1	24	31	5,19	5,61
(T 33)	33	28,706	38	5	5	21	50	57,7	1	26	34	6,47	6,94
T 36	36	31,093	40	6	6	23	55	63,5	1	29	37	7,59	8,17

Medios de unión	**DIMENSIONES DE LOS TORNILLOS CALIBRADOS**	TABLA 22₃ . 6





(Coincide con la Norma MV-106)

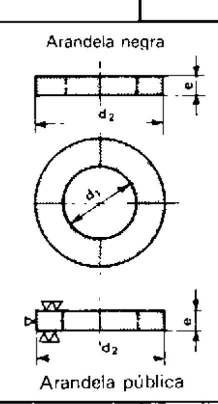
Tornillo calibrado Tipo	Diám. caña y aguj. a mm	Diám. rosca d mm	Diám. int. d_3 mm	Long. rosca b mm	Long. salida x mm	Espesor k mm	Dist. caras s mm	Dist. aristas e mm	Radio r mm	Tuerca m mm	Área núcleo A_n cm²	Área resist. A_r cm³
TC 10	11	10	8,160	17,5	2,5	7	17	19,6	0,5	8	0,523	0,580
TC 12	13	12	9,853	19,5	2,5	8	19	21,9	1	10	0,762	0,843
TC 16	17	16	13,546	23	3	10	24	27,7	1	13	1,44	1,57
TC 20	21	20	16,933	26	4	13	30	34,5	1	16	2,25	2,75
TC 22	23	22	18,933	28	4	14	32	36,9	1	18	2,82	3,03
TC 24	25	24	20,319	29,5	4,5	15	36	41,6	1	19	3,24	3,53
TC 27	28	27	23,319	32,5	4,5	17	41	47,3	1	22	4,27	4,59
TC 30	31	30	25,706	35	5	19	46	53,1	1	24	5,19	5,61
TC 33	34	33	28,706	38	5	21	50	57,7	1	26	6,47	6,94
TC 36	39	36	31,093	40	6	23	55	63,5	1	29	7,59	8,17

ARANDELAS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS METÁLICAS

Medios de unión

ARANDELAS NEGRAS Y PULIDAS

TABLA 23, 6

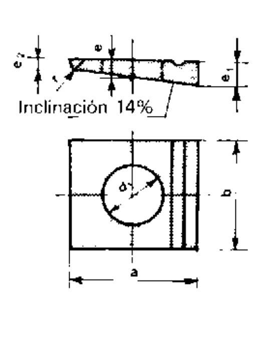


Arandela tipo	Diámetro del agujero d_1 mm	Diámetro exterior d_2 mm	Espesor e mm	Peso de 1000 piezas kg
A10 y AP10	11,5	21	8	15,2
A12 y AP12	13,5	24	8	19,5
A16 y AP16	17,5	30	8	29,3
A20 y AP20	21,5	36	8	41,5
A22 y AP22	24	40	8	51,0
A24 y AP24	26	44	8	61,5
A27 y AP27	29	50	8	81,6
A30 y AP30	32	56	8	104
A33 y AP33	35	60	8	117
A36 y AP36	38	68	8	157

Medios de unión

ARANDELAS PARA VIGUETAS I PN

TABLA 23, 6

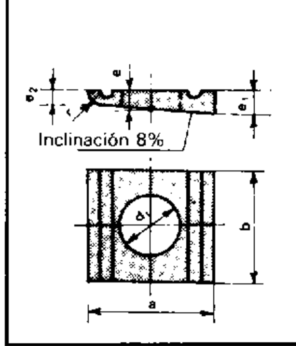


Arandela tipo	Diámetro agujero d_1 mm	Lado a mm	Testa b mm	Espesor e_1 mm	Espesor e mm	Espesor e_2 mm	Radio r mm	Peso de 1000 piezas kg
AI 10	11,5	22	22	4,6	3	1,5	1,2	9,1
AI 12	13,5	30	26	6,2	4	2	1,6	20,2
AI 16	17,5	36	32	7,5	5	2,5	2	35,2
AI 20	21,5	44	40	9	6	3	2,4	64,4
AI 22	24	50	44	10	6,5	3	2,4	87,3
AI 24	26	56	56	10,8	7	3	2,4	139
AI 27	29	62	56	11,7	7,5	3	2,4	157
AI 30	32	62	62	11,7	7,5	3	2,4	174
AI 33	35	68	68	12,5	8	3	2,4	221
AI 36	38	75	75	13,5	8	3	2,4	287

Medios de unión

ARANDELA PARA PERFILES U PN

TABLA 23, 6

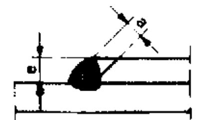


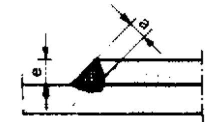
Arandela tipo	Diámetro agujero d_1 mm	Lado a mm	Testa b mm	Espesor e_1 mm	Espesor e mm	Espesor e_2 mm	Radio r mm	Peso de 1000 piezas kg
AU 10	11,5	22	22	3,8	3	2	1,6	8,7
AU 12	13,5	30	26	4,9	4	2,5	2	18,2
AU 16	17,5	36	32	5,9	4,5	3	2,4	31,4
AU 20	21,5	44	40	7	5	3,5	2,8	55,9
AU 22	24	50	44	8	6	4	3,2	80,5
AU 24	26	56	56	8,5	6	4	3,2	127
AU 27	29	62	56	9	6,5	4	3,2	140
AU 30	32	62	62	9	6,5	4	3,2	153
AU 33	35	68	68	9,4	7	4	3,2	190
AU 36	38	75	75	10	7	4	3,2	243

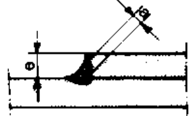
Soldaduras en ángulo

El cordón de las soldaduras en ángulo, en función del espesor e de la chapa o barra a soldar, se hace:

$a = 0{,}7 \cdot e$, en cordón reforzado
$a = 0{,}7 \cdot e$, en cordón liso
$a = 0{,}4 \cdot e$, en cordón aligerado

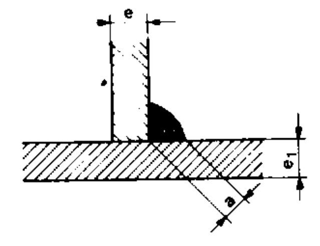


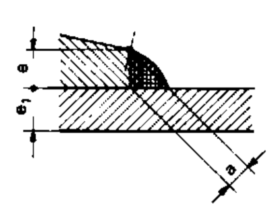




Dimensiones de los cordones de soldadura

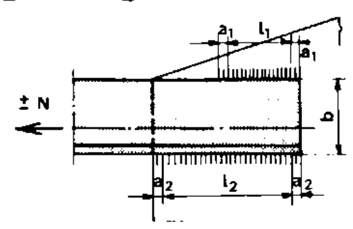
Las dimensiones fundamentales de los cordones de soldadura, son su garganta a y su longitud eficaz l, siendo esta igual a la longitud real menos los cráteres de los extremos que se consideran de longitud igual al cordón o garganta a; en al Tabla 24.6 se exponen los valores de las gargantas a para soldaduras en ángulo, en chapas y perfiles, para uniones de fuerza.





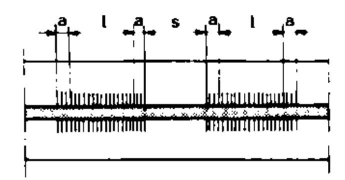
La longitud eficaz l de una soldadura lateral, en una barra de ancho b, se hace:

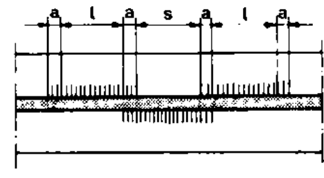
Valor mínimo, $l \geqq 15 \cdot a$, o $l \geqq b$
Valor máximo, $l \leqq 60 \cdot a$, o $l \leqq 12 \cdot b$

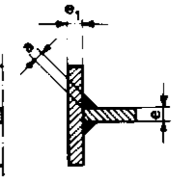


La separación s entre cordones discontinuos de soldadura, se hace:

Valor máximo, $s \leqq 15 \cdot e$ en barras comprimidas.
Valor máximo, $s \leqq 25 \cdot e$ en barras tendidas.
Valor máximo, $s \leqq 300$ mm en todo caso.

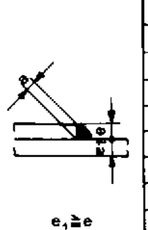




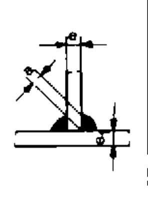


GARGANTAS a DE SOLDADURAS EN ÁNGULO PARA UNIONES DE FUERZA

CHAPAS Y ALAS CON CARAS PARALELAS EN PERFILES H

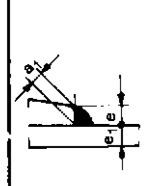


Espesor e mm.	a máx. mm.	a mín. mm.	Espesor e mm.	a máx. mm.	a mín. mm.	Espesor e mm.	a máx. mm.	a mín. mm
4,0 - 4,2	2,5	2,5	10,7 - 11,3	7,5	4,0	21,3 - 22,6	15,0	6,5
4,3 - 4,9	3,0	2,5	11,4 - 12,0	8,0	4,0	22,7 - 24,0	16,0	6,5
5,0 - 5,6	3,5	2,5	12,1 - 12,7	8,5	4,5	24,1 - 25,4	17,0	7,0
5,7 - 6,3	4,0	2,5	12,8 - 13,4	9,0	4,5	25,5 - 26,8	18,0	7,0
6,4 - 7,0	4,5	2,5	13,5 - 14,1	9,5	5,0	26,9 - 28,2	19,0	7,5
7,1 - 7,7	5,0	3,0	14,2 - 15,5	10,0	5,0	28,3 - 31,1	20,0	7,5
7,8 - 8,4	5,5	3,0	15,6 - 16,9	11,0	5,5	31,2 - 33,9	22,0	8,0
8,5 - 9,1	6,0	3,5	17,0 - 18,3	12,0	5,5	34,0 - 36,0	24,0	8,0
9,2 - 9,9	6,5	3,5	18,4 - 19,7	13,0	6,0	36,1 - 40,0	27,0	9,0
10,0 - 10,6	7,0	4,0	19,8 - 21,2	14,0	6,0			

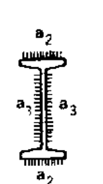


Los valores de las gargantas a también se consideran para las almas de perfiles laminados I PN, IPE y IHE

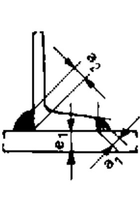
PERFILES I PN



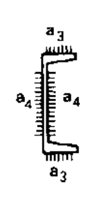
IPN	a1 mm.	a2 mm.	a3 mm.	IPN	a1 mm.	a2 mm.	a3 mm.	IPN	a1 mm.	a2 mm.	a3 mm.
8	3,0	4,0	2,5	22	6,5	8,5	5,5	36	10,0	13,5	9,0
10	3,5	4,5	3,0	24	6,5	9,0	6,0	38	10,0	14,5	9,5
12	4,0	5,0	3,5	26	7,0	9,5	6,5	40	11,0	15,0	10,0
14	4,0	6,0	4,0	28	8,0	10,5	7,0	45	13,0	17,0	11,0
16	4,5	6,5	4,0	30	8,0	11,0	7,5	50	14,0	19,0	12,5
18	5,0	7,0	4,5	32	8,5	12,0	8,0	55	16,0	21,0	13,5
20	5,5	7,5	5,0	34	9,5	12,5	8,5	60	17,0	22,5	15,0



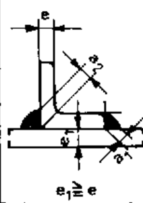
PERFILES [PN



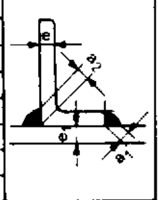
[PN	a1 mm.	a2 mm.	a3 mm.	a4 mm.	[PN	a1 mm.	a2 mm.	a3 mm.	a4 mm.
8	4,0	6,5	5,5	4,0	24	6,5	11,5	9,0	6,5
10	4,5	7,0	6,0	4,0	26	7,0	12,0	9,5	7,0
12	4,5	7,5	6,0	4,5	28	7,5	13,0	10,5	7,0
14	5,0	8,5	7,0	4,5	30	8,0	14,0	11,0	7,0
16	5,5	9,0	7,0	5,0	32	10,5	14,0	12,0	9,5
18	5,5	9,5	7,5	5,5	35	9,5	13,0	11,0	9,5
20	6,0	10,0	8,0	6,0	38	9,5	13,5	10,0	9,0
22	6,5	11,0	8,5	6,0	40	10,5	14,5	12,5	9,5



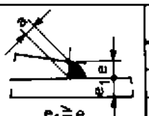
ANGULARES DE ALAS IGUALES Y DESIGUALES



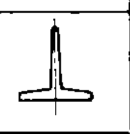
e	a1	a2	e	a1	a2	e	a1	a2
4	2,5	3,0	11	7,5	9,0	18	12,0	15,0
5	3,5	4,0	12	8,0	10,0	19	13,0	16,0
6	4,0	5,0	13	9,0	11,0	20	14,0	16,0
7	4,5	5,5	14,	9,5	11,0	22	15,0	18,0
8	5,5	6,5	15	10,0	12,0	24	16,0	20,0
9	6,0	7,5	16	11,0	13,0	28	19,0	22,0
10	7,0	8,0	17	12,0	14,0			



PERFILES T



Perfil	a	Perfil	a
40 x 5	3,5	70 x 8	5,5
50 x 6	4,0	80 x 9	6,0
60 x 7	4,5	100 x 11	7,5



Cálculo de las soldaduras en ángulo

Las tensiones de agotamiento σ^* para los distintos valores de las gargantas a, se calcularán haciendo:

$$\sigma = \beta \cdot \sigma_u \cdot a,$$

tomando para β valores de 0,75, 0,77, 0,81 y 0,85, como se expone en la Tabla 25.6.

En las Tablas 25.6 y 26.6 se resumen los casos más usuales de uniones planas constituidas por soldaduras en ángulo.

En la Tabla 27,6 se exponen valores de la resistencia de los cordones de soldadura en ángulo, en estructuras metálicas construidas con acero tipo A 42, y en la Tabla 28.6 la de los cordones en estructuras de acero tipo A 52, valores que se han calculado en función de los esfuerzos ponderados, correspondientes a los reales multiplicados por los coeficientes de ponderación (o de seguridad) considerados en la Tabla 2.6, tomando σ_u = 2,6 t/cm² para el acero tipo A 42 y σ_u = 3,6 para el acero tipo A 52.

Ejemplo. – Cálculo de los cordones de soldadura de una barra de nudo sometida a un esfuerzo de tracción permanente de 90 t.

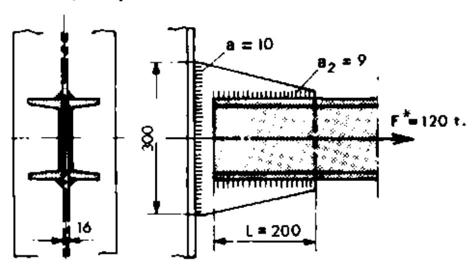
Coeficiente de ponderación $\nu = 1{,}33$

Esfuerzo de cálculo, $F^* = 90 \times 1{,}33 = 119{,}7\ t \approx 120\ t$.

Adoptando el tirante formado por dos barras U PN 16, con A = 2 × 24,0 = 48,0 cm³, en acero tipo A 42, resulta:

$$\sigma = \frac{120}{48{,}0} = 2{,}5\ t/cm^2\ (adm. < \sigma_u = 2{,}6\ t/cm^2).$$

Los cordones de soldadura para U PN 16 son a_2 = 9 mm (Tabla 24.6) para los que las cargas o fuerza que pueden soportar, es de 1,75 t por cm lineal (Tabla 27.6).



La longitud necesaria de cordón de soldadura, será:

$$L = \frac{120}{4 \times 1{,}75} = 17{,}1\ cm\ (\text{son cuatro cordones en la unión}).$$

La longitud, considerando los cráteres extremos, resulta:

$$l = 17{,}1 + 2 \times 0{,}9 = 18{,}9\ cm;\ \text{se hace } l \approx 200\ mm.$$

La longitud máxima admisible, es $L_{máx} = 60 \cdot a = 60 \times 0{,}9 = 54\ cm\ (> l)$.

El espesor de la cartela del nudo (previo tanteo), se hace e = 16 mm, que admite un cordón máximo de 11 mm; para a = 10 mm el cordón soporta 2,21 t por cm lineal, y para este cordón, la longitud necesaria para la unión de la cartela a su soporte, sera

$$L = \frac{120}{2 \times 2{,}21} = 27{,}1\ cm,\ \text{y considerando los cráteres,}$$
$$l = 27{,}1 + 2 \times 1{,}10 = 29{,}1\ cm, \approx 300\ mm.$$

La sección de la cartela en su unión al soporte, es A = 30 × 1,6 = 48,0 cm², y su tensión por tracción:

$$\sigma^* = \frac{120}{48{,}0} = 2{,}5\ t/cm^2\ (adm < \sigma_u = 2{,}6\ t/cm^2).$$

Medios de unión	CÁLCULO DE SOLDADURAS DE ÁNGULO EN UNIONES PLANAS. TRACCIÓN Y FLEXIÓN SIMPLES	TABLA 25 . 6

TRACCION SIMPLE

C - I. – SOLDADURAS LATERALES

$$\frac{F^*}{0{,}75\,\Sigma\, aL} \leq \sigma_u$$

C - III. – SOLDADURAS FRONTALES Y LATERALES

Para $L_2 \geq 1{,}5h$
Sólo se consideran los cordones laterales

$$\frac{F^*}{0{,}75\,\Sigma\, aL} \leq \sigma_u$$

C - II. – SOLDADURAS FRONTALES

$$\frac{F^*}{0{,}85\,\Sigma\, aL} \leq \sigma_u$$

C - IV. – SOLDADURAS OBLICUAS

$$\frac{F^*}{\beta\,\Sigma\, aL} \leq \sigma_u$$

θ	β
0	0,75
30	0,77
60	0,81
90	0,85

FLEXION SIMPLE

C - V. – SOLDADURAS FRONTALES LONGITUDINALES

Debe cumplirse

$$\sigma_c \leq \sqrt{\sigma^2 + 1{,}8(\tau_n^2 + \tau_a^2)} \leq \sigma_u$$

En estas expresiones:

$$\sigma = \frac{6}{2}\,\frac{F^*e}{aL^2}$$

$$\tau_n = \frac{3}{\sqrt{2}}\,\frac{F^*e}{aL^2}$$

$$\tau_a = \frac{F^*}{2aL}$$

Para $e \gg l$

$$\sigma_c \approx 3{,}55\,\frac{F^*e}{al^2} \leq \sigma_u$$

C - VI. – SOLDADURAS FRONTALES TRANSVERSALES

$$\sigma = \frac{F^*e}{W}$$

$$\tau_n = \frac{1}{\sqrt{2}}\,\frac{F^*e}{W}$$

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma^2 + 1{,}8\tau_n^2} = \frac{F^*e}{W}\sqrt{1{,}4} \approx 1{,}18\,\frac{F^*e}{W} \leq \sigma_u$$

Siendo W el módulo resistente de las soldaduras

Para $h \gg e$

$$\sigma_c \approx 1{,}18\,\frac{F^*e}{Lha} \leq \sigma_u$$

C - VII. – SOLDADURAS FRONTALES, LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES

Soldaduras a_1:

$$\sigma_c = \sqrt{1{,}4}\,\frac{F^*e}{W} \approx 1{,}18\,\frac{F^*e}{W} \leq \sigma_u$$

Soldaduras a_2:

$$\sigma_c \approx 1{,}18\,\frac{h_2 - a_2}{h_1 + a_1}\,\frac{F^*e}{W} \leq \sigma_u$$

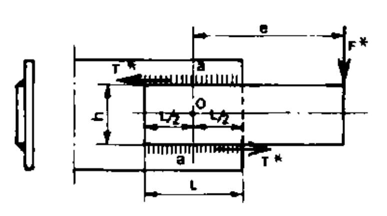
Soldaduras a_3

$$\sigma_c = \sqrt{1{,}4\left(\frac{F^*e}{W}\,\frac{L_3}{h_1 + a_1}\right)^2 + 1{,}8\left(\frac{F^*}{2L_3a_3}\right)^2} \leq \sigma_u$$

Siendo W el módulo resistente de las soldaduras

Puede también considerarse absorbido el momento por las soldaduras a_1 y a_2 y el esfuerzo cortante por las soldaduras a_3

CÁLCULO DE SOLDADURAS DE ÁNGULO EN UNIONES PLANAS. TORSIÓN Y ESFUERZO CORTANTE COMBINADOS

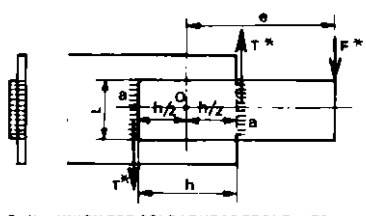


C - I.– UNION POR SOLDADURAS LATERALES

Para $0{,}5h < L < 2h$

$$\sigma_c = \sqrt{0{,}35\left(\frac{F^*}{La}\right)^2 + 1{,}8\left(\frac{F^*e}{h+a}\,\frac{1}{La}\right)^2} =$$

$$= \frac{F^*}{La}\sqrt{0{,}35 + 1{,}8\left(\frac{e}{h+a}\right)^2} \leqslant \sigma_u$$

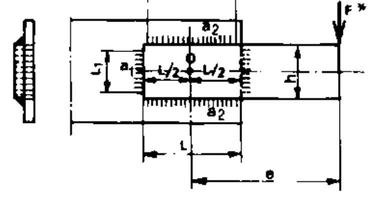


C - II.– UNION POR SOLDADURAS FRONTALES

Para $0{,}5h < L < 2h$

$$\sigma_c = \sqrt{1{,}8}\,\frac{F^*}{La}\left(\frac{1}{2} + \frac{e}{h+a}\right) \simeq$$

$$\simeq 1{,}34\,\frac{F^*}{La}\left(\frac{1}{2} + \frac{e}{h+a}\right) \leqslant \sigma_u$$



C - III.– UNION POR DOS SOLDADURAS LATERALES Y DOS FRONTALES

Para $0{,}5h < L_2 < 2h$

Máximo momento torsor admisible para las soldaduras 1.

$$M_1 = 0{,}75\sigma_u L_1 a_1 (L + a_1)$$

Máximo momento torsor admisible para las soldaduras 2:

$$M_2 = 0{,}75\sigma_u L_2 a_2 (h + a_2)$$

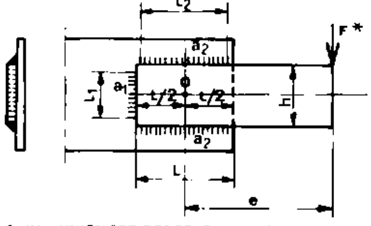
Máximo esfuerzo cortante admisible para las soldaduras 1:

$$F_1 = 1{,}5\sigma_u L_1 a_1$$

Máximo esfuerzo cortante admisible para las soldaduras 2.

$$F_2 = 1{,}7\sigma_u L_2 a_2$$

El momento torsor $M_t^* = F^* \cdot e$ se descompone proporcionalmente a M_1 y M_2.
El esfuerzo cortante F^* se descompone proporcionalmente a F_1 y F_2.
Las soldaduras 1 se calculan como el caso C-II
Las soldaduras 2 se calculan como el caso C-I



C - IV.– UNION POR DOS SOLDADURAS LATERALES Y UNA FRONTAL

Para $0{,}5h < L_2 < 2h$.

Máximo momento admisible para la soldadura 1.

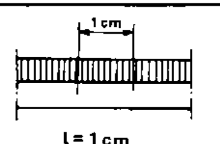
$$M_1 = 0{,}14\sigma_u L_1^2 a_1$$

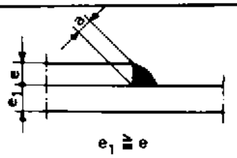
Máximo momento torsor admisible para las soldaduras 2:

$$M_2 = 0{,}75\sigma_u L_2 a_2 (h + a_2)$$

El momento $M^* = F^*e$ se descompone proporcionalmente a M_1 y M_2
El esfuerzo cortante F^* (si está contenido en el plano de la junta, o su excentricidad es pequeña) se considera absorbido por las soldaduras 2.
La soldadura 1 se calcula a flexión pura
Las soldaduras 2 se calculan como el caso C-I

Medios de unión	*RESISTENCIA DE LAS SOLDADURAS DE ÁNGULO EN ESTRUCTURAS METÁLICAS CONSTRUIDAS CON ACERO TIPO A 42*	TABLA 27 - 6



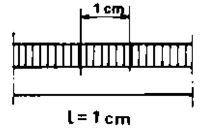


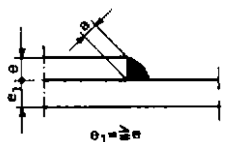
β	*Tensión normal ponderada de agotamiento σ* por cm. de longitud para cordones con a... mm.*														β
	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	
0,75	0,58	0,68	0,78	0,87	0,97	1,07	1,17	1,26	1,36	1,46	1,56	1,65	1,75	1,85	0,75
0,77	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	1,10	1,20	1,30	1,40	1,50	1,60	1,70	1,80	1,90	0,77
0,81	0,63	0,73	0,84	0,94	1,05	1,16	1,26	1,37	1,47	1,57	1,68	1,79	1,89	2,00	0,81
0,85	0,66	0,77	0,88	0,99	1,10	1,21	1,32	1,43	1,54	1,65	1,77	1,87	1,98	2,10	0,85
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	28	
0,75	1,95	2,14	2,34	2,53	2,73	2,92	3,12	3,31	3,51	3,70	3,90	4,29	4,68	5,46	0,75
0,77	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,40	4,80	5,60	0,77
0,81	2,10	2,31	2,52	2,73	2,95	3,16	3,37	3,58	3,79	4,00	4,21	4,63	5,05	5,89	0,81
0,85	2,21	2,43	2,65	2,87	3,09	3,31	3,53	3,75	3,98	4,20	4,42	4,86	5,30	6,19	0,85

Ejemplo.—Longitud de cordón lateral precisa para transmitir un esfuerzo ponderado N* = 64 t. en chapa de 15 mm. e.
Cordón recomendado, a = 10 mm. (Tabla 24.6)
Tensión ponderada para cordón de 10 mm. σ* = 1,95 t.
Longitud de cordón necesaria, L = 64/1,95 = 32,8 cm.

Ejemplo.—Longitud de cordón frontal precisa para transmitir un esfuerzo ponderado N* = 86 t. en chapa de 22 mm. e.
Cordón recomendado, a = 15 mm. (Tabla 24.6)
Tensión ponderada para cordón de 15 mm. σ* = 3,31 t.
Longitud de cordón necesaria, L = 86/3,31 = 25,98 cm.

Medios de unión	*RESISTENCIA DE LAS SOLDADURAS DE ANGULO EN ESTRUCTURAS METALICAS CONSTRUIDAS CON ACERO TIPO A 52*	TABLA 28 . 6





β	*Tensión normal ponderada de agotamiento σ* por cm. de longitud para cordones con a... mm.*														β
	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	
0,75	0,81	0,94	1,08	1,21	1,35	1,48	1,62	1,75	1,89	2,02	2,16	2,99	2,43	2,56	0,75
0,77	0,83	0,97	1,11	1,24	1,38	1,52	1,66	1,80	1,94	2,08	2,21	2,35	2,49	2,63	0,77
0,81	0,87	1,02	1,16	1,31	1,46	1,60	1,75	1,89	2,04	2,18	2,33	2,48	2,62	2,77	0,81
0,85	0,92	1,07	1,22	1,37	1,53	1,68	1,83	1,99	2,14	2,29	2,45	2,60	2,75	2,90	0,85
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	22	24	28	
0,75	2,70	2,97	3,24	3,51	3,78	4,05	4,32	4,59	4,86	5,13	5,40	5,94	6,48	7,56	0,75
0,77	2,77	3,05	3,36	3,60	3,88	4,16	4,43	4,71	4,99	5,26	5,54	6,10	6,65	7,76	0,77
0,81	2,91	3,20	3,50	3,79	4,08	4,37	4,66	4,95	5,25	5,54	5,83	6,41	7,00	8,16	0,81
0,85	3,06	3,36	3,67	3,98	4,28	4,59	4,89	5,20	5,51	5,81	6,12	6,73	7,34	8,57	0,85

Ejemplo.—Longitud de cordón lateral precisa transmitir un esfuerzo ponderado N* = 74 t. en chapa de 12 mm. e.
Cordón recomendado, a = 8 mm. (Tabla 24.6)
Tensión ponderado para cordón de 8 mm. σ* = 2,16 t.
Longitud de cordón necesaria, L = 74/2,16 = 34,3 cm.

Ejemplo.—Longitud de cordón frontal precisa para transmitir un esfuerzo ponderado N* = 74 t. en chapa de 15 mm. e.
Cordón recomendado, a = 10 mm. (Tabla 24.6)
Tensión ponderada para cordón de 10 mm. σ* = 3,06 t.
Longitud de cordón necesaria, L = 74/3,06 = 24,2 cm.

NOTA.— La resistencia de los cordones, que figura en la Tabla corresponde a uniones mayoradas (por 1,5) para σ = 2,6 en acero A-42 y 3,6 en acero A-52 (véase página 184). Para valores de resistencia normales (sin mayorar) multiplíquense los de la Tabla por 0,667.

Aplastamiento de superficies

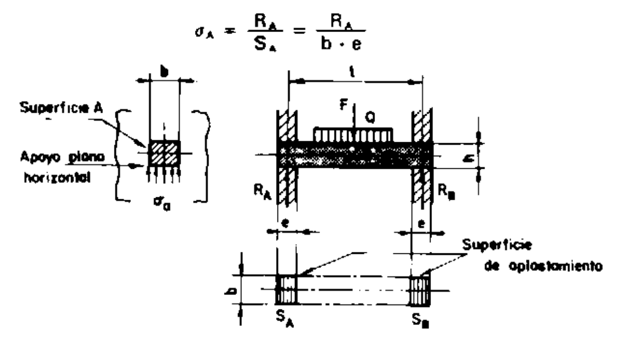
Las cargas que soportan las vigas las transmiten a sus apoyos, y por la rigidez de éstos puede considerarse que la presión transmitida, R_A se reparte uniformemente sobre la superficie S_A de contacto en el apoyo, resultando una tensión específica:

$$\sigma_A = \frac{R_A}{S_A}$$

La tensión en el apoyo, tiende a producir el aplastamiento de la viga o del aparato de apoyo, y para evitar este aplastamiento, la tensión del apoyo no debe rebasar el límite de seguridad, que depende de la clase y calidad de los materiales correspondientes.

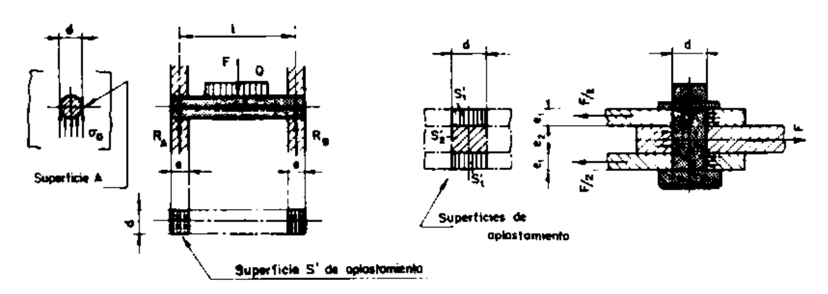
Si la superficie de apoyo es plana, la tensión por aplastamiento para un ancho b y largo e del apoyo, será:

$$\sigma_A = \frac{R_A}{S_A} = \frac{R_A}{b \cdot e}$$



Si la superficie de apoyo no es plana, se admite que se reparte uniformemente sobre una superficie S' equivalente a la proyección de la de contacto, resultando:

$$\sigma_A = \frac{R_A}{S'} = \frac{R_A}{d \cdot e} \leq \sigma_{Asd}.$$



Las tensiones por aplastamiento se presentan en los medios de unión, remaches, tornillos y pasadores, acompañadas de las de cortadura, pero independientemente de éstas.

En los elementos de rodadura y de deslizamiento, para que los movimientos se realicen en condiciones normales de funcionamiento, las tensiones de aplastamiento no deben ser superiores a determinados valores, considerándose:

σ_A = 40 a 80 kg/cm², presión sobre las superficies de rodaduras, sin cojinetes, acero sobre acero.

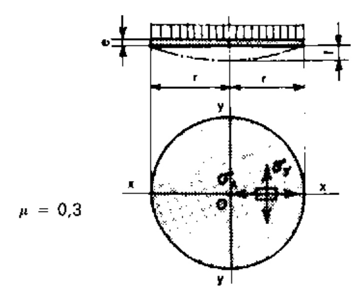
σ_A = 80 a 120 kg/cm², presión sobre cojinetes, acero sobre bronce.

σ_A = 1000 a 1500 kg/cm², presión sobre las placas de apoyo, acero sobre acero.

$\sigma_A = 2\sigma_{ad}$, presión sobre las paredes o cañas en los elementos de unión (remaches, tornillos, pasadores), siendo σ_{ad} la tensión máxima admisible (elementos o estructuras de acero).

En la Tabla 10.4 se exponen las presiones admisibles en los cojinetes, en función de la velocidad de deslizamiento, y en la Tabla 9.4 las dimensiones de los cojinetes de bronce (normalizadas).

PLACA PLANA CIRCULAR



$\mu = 0,3$

Flecha, $f = \psi \cdot \frac{qr^4}{e^3 E}$

Fuerza actuante .... q, kg/cm², uniformemente repartida sobre toda la placa.

Tensiones .... $\sigma_x = \varphi_x \cdot \frac{q \cdot r^2}{e^2}$, $\sigma_y = \varphi_y \cdot \frac{qr^2}{e^2}$

Tensión reducida .... $\sigma_r = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y} = \sigma_x \sqrt{1 + \mu^2 - \mu} = 0,89 \cdot \sigma_x$ (hipótesis de trabajo de cambio de forma).

Placa apoyada

Para tensiones .... { En el centro de la placa, $\varphi_x = \varphi_y = \varphi_{max} = 1,24$
En el borde de la placa, $\varphi_x = 0$, $\varphi_y = \varphi_y = 0,53$

Para flecha .... $\varphi = 0,7$

Placa empotrada

Para tensiones .... { En el centro de la placa, $\varphi_x = \varphi_y = 0,49$
En el borde de la placa, $\varphi_x = \varphi_{max} = -0,75$, $\varphi_y = 0,3\ \varphi_x$

Para flecha .... $\varphi = 0,17$

Ejemplo 1.°. — Cálculo de una placa circular de 1,0 m de diámetro, empotrada, sometida a una presión de 10 kg/cm². Material, acero tipo A 42, $\nu = 1.5$ (coeficiente de seguridad).

$\sigma_{ad} = \frac{2600}{1,5} = 1730$ kg/cm² ($= \sigma_x$; $\sigma_y = 0,3 \times 1730 = 519$ kg/cm²).

$e = \sqrt{\frac{\varphi_x\ q\ r^2}{\sigma_x}} = \sqrt{\frac{0,75 \times 10 \times 50^2}{1730}} = 3,3$ cm (33 mm)

Tensión reducida, $\sigma_r = 0,89 \times 1730 = 1540$ kg/cm² ($\nu = 1,69$).

Flecha $f = 0,17 \times \frac{10 \times 50^4}{3,3^3 \times 2100000} = 0,14$ cm (1,4 mm).

Ejemplo 2.°. — Cálculo de una placa circular apoyada, de 2,0 m de diámetro, que soporta una carga uniformemente repartida de 150 kg/m². Acero A 42, y por su servicio, $\nu = 1,5$

$\sigma_{ad} = \frac{2600}{1,5} = 1730$ kg/cm² ($= \sigma_x$; $\sigma_y = 0,3\sigma_x = 519$ kg/cm²)

$e = \sqrt{\frac{1,24 \times 0,15 \times 100^2}{1730}} = 1,04$ cm ($\approx$ 11 mm).

Flecha, $f = 0,7 \times \frac{0,15 \times 100^4}{1,1^3 \times 2100000} = 3,8$ cm (= 38 mm = d/53).

Si se fija el límite de la placa, por ejemplo, $f = \frac{d}{300} = 6,67$ mm $= 0,667$ cm,

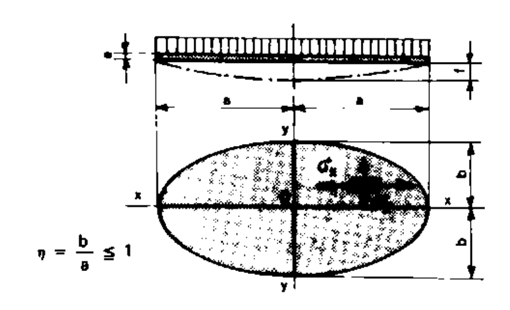
$e = \sqrt[3]{\frac{\psi\ q\ r^4}{f\ E}} = \sqrt[3]{\frac{0,7 \times 0,15 \times 100^4}{0,667 \times 2100000}} = 1,95$ cm $\approx$ 20 mm.

$\sigma_x = 1,24 \times \frac{0,15 \times 100^2}{2,0^2} = 465$ kg/cm², $\sigma_y = 0,3 \times 465 = 140$ kg/cm²; $\sigma_r = 0,89 \times 465 = 314$ kg/cm².

Si la placa fuese empotrada (p.e. soldada), para $\sigma_x = 1730$ kg/cm², resultaría:

$e = \sqrt{\frac{0,75 \times 0,15 \times 100^2}{1730}} = 0,8$ cm (= 8 mm), y $f = 0,17 \times \frac{0,15 \times 100^4}{0,8^3 \times 2100000} = 2,37$ cm (= d/84).

PLACA PLANA ELÍPTICA



$\eta = \frac{b}{a} \leq 1$

$k = \frac{\varnothing}{3 + 2\eta^2 + 3\eta^4}$

Fuerza actuante .... q, kg/cm², uniformemente repartida sobre toda la plana.

Tensiones .... $\sigma_x = \varphi_x \cdot \frac{q\,b^2}{e^2}$, $\sigma_y = \varphi_y \cdot \frac{qb^2}{e^2}$

Tensión reducida .... $\sigma_r = \sigma_y \cdot \sqrt{1 + \mu^2 - \mu} = 0{,}89 \cdot \sigma_y$ (teoría del cambio de forma).

Placa empotrada

Para tensiones ....
- En el centro de la placa, $\varphi_x = 3k(0{,}3 + \eta^2)$, $\varphi_y = 3k(1 + 0{,}3\,\eta^2)$.
- Extremos del eje x-x, $\varphi_x = -6\,k\eta^2$, $\varphi_y = 0{,}3\,\varphi_x$
- Extremos del eje y-y, $\varphi_x = 0{,}3\,\varphi_y$, $\varphi_y = \varphi_{máx} = -6k$

Flecha .... $f = 1{,}37\,k \cdot \frac{q\,b^4}{e^3\,E}$

Placa apoyada

Para tensiones .... $\varphi_{x\,máx} \approx 3 - 2\eta$

Ejemplo 1.°.—Cálculo de una placa elíptica de 1,20 m de eje mayor y 0,90 m de eje menor, sometida a una presión de 10 kg/cm². Placa empotrada, de acero A-42, para $\nu = 1{,}5$. (coeficiente de seguridad).

$$\eta = \frac{0{,}9}{1{,}2} = 0{,}75 \; ; \; k = \frac{1}{3 + 2\times 0{,}75^2 + 3\times 0{,}75^4} = 0{,}197$$

$$\sigma_{ad} = \frac{2600}{1{,}5} = 1730 \text{ kg/cm}^2 = \sigma_y \; ; \; \sigma_x = 0{,}3\times 1730 = 519 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\varphi_y = -6 \times 0{,}197 = -1{,}182; \; \varphi_x = 0{,}3 \times -1{,}182 = -0{,}355$$

$$e = \sqrt{\frac{\varphi_y\,q\,b^2}{\sigma_y}} = \sqrt{\frac{1{,}182\times 10\times 45^2}{1730}} = 3{,}7 \text{ cm (37 mm)}.$$

Tensión reducida, $\sigma_r = 0{,}89\times 1730 = 1540$ kg/cm².

Flecha, $f = 1{,}37 \times \frac{10\times 45^4}{3{,}7^3\times 2100000} = 0{,}39$ cm (≈ 4 mm).

Para flecha reducida por ejemplo f = 2 mm, resultaría:

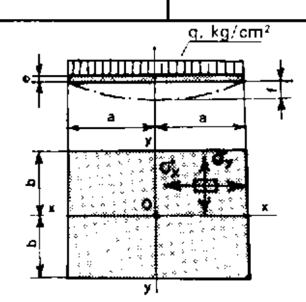
$$e = \sqrt[3]{\frac{1{,}37\cdot k\,q\,b^4}{f\,E}} = \sqrt[3]{\frac{1{,}37\times 0{,}197\times 10\times 45^4}{0{,}2\times 2100000}} = 5{,}1 \text{ cm } (= 51 \text{ mm}).$$

$$\sigma_y = \frac{\varphi_y\,q\,b^2}{e^2} = \frac{1{,}182\times 10\times 45^2}{5{,}1^2} = 920 \text{ kg/cm}^2; \; \sigma_x = 0{,}3\times 920 = 276 \text{ kg/cm}^2$$

Tensión reducida, $\sigma_r = 0{,}89\times 920 = 819$ kg/cm².

Nota.—Para tensión limitada fijada en principio, se procederá calculando primerante el valor de la tensión $\sigma_y = \sigma_r$:0,89, y con este valor y los q y φ_y ya conocidos, se determinará el espesor e de la placa.

PLACA PLANA RECTANGULAR



Fuerza actuante:

q, kg/cm², uniformemente repartida sobre toda la placa.

Tensiones:

$$\sigma_x = \varphi_x \cdot \frac{qb^2}{e^2}\ ;\ \sigma_y = \varphi_y \cdot \frac{qb^2}{e^2}$$

Tensión reducida:

$$\sigma_r = \sigma_y \cdot \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y} = 0{,}89\ \sigma_y$$

Flecha:

$$f = \psi \cdot \frac{qb^4}{e^3\ E}$$

Relación entre dimensiones principales:

$$\eta = \frac{a}{b}$$

Pláca apoyada

Tensiones máximas en el centro de la placa

Para evitar levantamientos, se fijarán los ángulos A con una fuerza o carga $F = k\ q\ b^2$

Valores en función de η:

η	φ_x	φ_y	ψ	k
1	1,15	1,15	0,71	0,26
1,5	1,20	1,95	1,35	0,34
2	1,11	2,44	1,77	0,37
3	0,97	2,85	2,14	0,37
4	0,92	2,96	2,24	0,38
∞	0,90	3,00	2,28	0,38

Placa empotrada

Tensión máxima en el centro del lado mayor, $\sigma_y = \sigma_{máx}$, $\sigma_x = 0{,}3 \cdot \sigma_y$

Valores en función de η:

η	*Centro de la placa*		*Centro lado mayor*	ψ
	φ_x	φ_x	$\varphi_{y\ máx}$	
1	0,53	0,53	1,24	0,225
1,5	0,48	0,88	1,82	0,394
2	0,31	0,94	1,92	0,431
∞	0,30	1,00	2,00	0,455

Ejemplo. — Cálculo de una placa rectangular de 2,25 × 1,20 m, apoyada en todo su contorno y sometida a la acción de una carga alternativa de 1500 kg/m², uniformemente repartida. Material, acero A 42.

$$\tau_{ad} = \frac{1200}{1{,}5} = 1730\ \text{kg/cm}^2.\ \text{(coeficiente de seguridad, } \nu = 1{,}5)$$

$$\eta = \frac{2{,}25}{1{,}2} = 1{,}875;\ \varphi_y = 2{,}32,\ \psi = 1{,}67,\ k = 0{,}36\ \text{(interpolando linealmente).}$$

$$e = \sqrt{\frac{\varphi_x\ q\ b^2}{\sigma_y}} = \sqrt{\frac{2{,}32 \times 0{,}15 \times 60^2}{1730}} = 0{,}85\ \text{cm} \simeq 9\ \text{mm.}$$

$$\sigma_y = 2{,}32 \times \frac{0{,}15 \times 60^2}{0{,}9^2} = 1547\ \text{kg/cm}^2;\ \sigma_r = 1547 \times 0{,}89 = 1377\ \text{kg/cm}^2$$

$$f = 1{,}67 \times \frac{0{,}15 \times 60^4}{0{,}9^3 \times 2100000} = 2{,}1\ \text{cm};\ F = 0{,}36 \times 0{,}15 \times 60^2 = 195\ \text{kg.}$$

Para placa empotrada (por ejemplo, soldada en todo su contorno) resultaría:

$\varphi_y = 1{,}89$; $\psi = 0{,}422$ (interpolando linealmente)

$$e = \sqrt{\frac{1{,}89 \times 0{,}15 \times 60^2}{1730}} = 0{,}77\ \text{cm} \simeq 8\ \text{mm}$$

$$\sigma_y = 1{,}89 \times \frac{0{,}15 \times 60^2}{0{,}8^2} = 1595\ \text{kg/cm}^2;\ \sigma_r = 1595 \times 0{,}89 = 1420\ \text{kg/cm}^2.$$

$$\text{Flecha, } f = 0{,}422 \times \frac{0{,}15 \times 60^4}{0{,}8^3 \times 2100000} = 0{,}76\ \text{cm (7,6 mm).}$$

Nota. — Para flecha reducida o tensión limitada, fijadas en principio, se procederá de modo similar al seguido o indicado en el cálculo de las placas circular y elíptica.

Muelles	MUELLES

Designación y cargas admisibles

El muelle es una pieza elástica que después de deformada bajo la acción de una fuerza, es capaz de realizar la misma fuerza al recobrar su posición o forma natural.

Los muelles pueden ser de flexión o de torsión, estos últimos de barra o en espiral.

Para el cálculo se considera:

- F La carga admisible (capacidad de carga del muelle), en kg.
- f La flecha elástica en cm (bajo la acción de la fuerza P).
- l La longitud del muelle, en cm.
- n El número de espiras.
- σ_{ad}, τ_{ad} La tensión de trabajo admisible.
- E El módulo de elasticidad.
- G El módulo de elasticidad tangencial (G = 0,835 · E, para μ = 0,33).

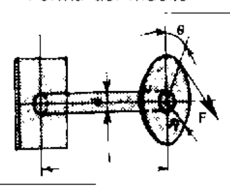
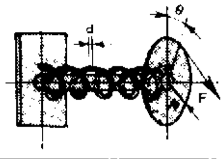
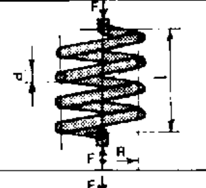
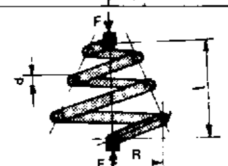
Para τ_{ad} se tomará 6000 kg/cm² en cargas estáticas y 4000 kg/cm² en cargas alternativas de cero a un máximo (acero para muelles); para muelles helicoidales con carga muy variable se tomarán τ_{ad} igual a 3000 kg/cm².

En muelles helicoidales de sección transversal circular, rectangular o cuadrada, para acero de muelles templado, τ_{ad} = 6000 a 8000 kg/cm², y en acero sin templar, 4500 a 5000 kg/cm².

Muelles	MUELLES DE FLEXIÓN	TABLA 29 . 6

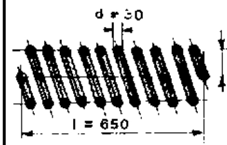
Forma del muelle	*Carga admisible*	*Flecha máxima*
	$F = \frac{bh^2}{6} \cdot \frac{\sigma_{ad}}{l}$	$f = \frac{l}{3} \cdot \frac{F}{EI} = \frac{4l^3}{bh^3} \cdot \frac{F}{E} = \frac{2l^2}{3h} \cdot \frac{\sigma_{ad}}{E}$
	$F = \frac{bh^2}{6} \cdot \frac{\sigma_{ad}}{l}$	$f = \frac{l^3}{2} \cdot \frac{F}{EI} = \frac{6l^3}{bh^3} \cdot \frac{F}{E} = \frac{l^2}{h} \cdot \frac{\sigma_{ad}}{E}$
	$F = \frac{bh^2 n}{6} \cdot \frac{\sigma_{ad}}{l}$	$f = \frac{6\,l^3}{bh^3 n} \cdot \frac{F}{E} = \frac{l^2}{h} \cdot \frac{\sigma_{ad}}{E}$
	$F = \frac{bh^2}{6} \cdot \frac{\sigma_{ad}}{R}$	$f = \theta R = lR^2 \cdot \frac{F}{EI} \cdot \frac{12\,lR^2}{bh^3} \cdot \frac{F}{E} = \frac{2lR}{h} \cdot \frac{\sigma_{ad}}{E}$ (l = longitud de la pletina desarrollada).

Muelles	MUELLES DE TORSIÓN ALAMBRE DE SECCIÓN CIRCULAR	TABLA 30 . 6

Forma del muelle	*Carga admisible*	*Flecha máxima*
	$F = \frac{\pi d^3}{16} \cdot \frac{\tau_{ad}}{R}$	$f = R\theta = \frac{32 l R^2}{\pi d^4} \cdot \frac{F}{G} = \frac{2 l R}{d} \cdot \frac{\tau_{ad}}{G}$
	$F = \frac{\pi d^3}{32} \cdot \frac{\tau_{ad}}{R}$	$f = R\theta = l R^2 \cdot \frac{F}{EI} = \frac{64\, l R^2}{\pi d^4} \cdot \frac{F}{E} = \frac{2 l R}{d} \cdot \frac{\tau_{ad}}{G}$ (l = longitud de alambre desarrollado)
	$F = \frac{\pi d^3}{16} \cdot \frac{\tau_{ad}}{R}$	$f = \frac{64\, n\, R^3}{d^4} \cdot \frac{F}{G} = \frac{4\, \pi\, n\, R^2}{D} \cdot \frac{\tau_{ad}}{G}$ (n = número de espiras).
	$F = \frac{\pi d^3}{16} \cdot \frac{\tau_{ad}}{R}$	$f = \frac{16\, l\, R^2}{\pi\, d^4} \cdot \frac{F}{G} = \frac{16\, n\, R^3}{d^4} \cdot \frac{F}{G} = \frac{l R}{d} \cdot \frac{\tau_{ad}}{G}$ En muelle con el radio superior R_1 y el inferior R_2, para el cálculo se dispondrá R_2 en lugar de R, $l(R_1 + R_2)$ $(R_1 + R_2)$ en lugar de R^2, y R_2 $(R_1^2 + R_2^2)$ en lugar de R^3.

Ejemplo 1.°. — Cálculo de un resorte para amortiguador, siendo F = 12 t y f = 15 cm. Material, acero para muelles, sin templar (τ_{ad} = 4500 a 5000 kg/cm²; G = 800000 kg/cm².

Previo tanteo, se considera R = 100 mm, y d = 50 mm.



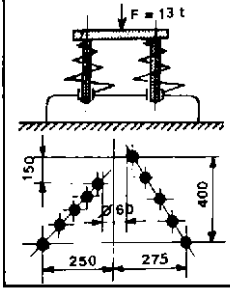
$$\tau = \frac{16\, R\, F}{\pi\, d^3} = \frac{16 \times 10 \times 12000}{\pi \times 5^3} = 4890 \text{ kg/cm}^2 \text{ (adm. } < 5000 \text{ kg/cm}^2\text{.)}$$

$$n = \frac{f\, d^4\, G}{64\, R^3\, F} = \frac{15 \times 5^4 \times 800000}{64 \times 10^3 \times 12000} = 9{,}8 \text{ espiras.}$$

Para 10 espiras, $l = 10 \times 5 + 15 = 65$ cm.

Paso de la hélice $p = \frac{65}{10} = 6{,}5$ cm (15 mm de holgura entre espiras).

Ejemplo 2.°. — Cálculo de los muelles de un parachoques que ha de absorber una fuerza F = 13 t; flecha 15 cm. Material, acero para muelles templado; τ_{ad} = 6000 a 8000 kg/cm²; σ = 850000 kg/cm².



$F' = \frac{13}{2} = 6{,}5$ t. Previo tanteo, se considera un muelle troncocónico con r_1 interior = 3 cm, y r_2 exterior = 27,5 cm; redondo de 50 mm ∅.

$R_1 = 3 + \frac{5}{2} = 5{,}5$ cm; $R_2 = 27{,}5 - \frac{5}{2} = 25{,}0$ cm.

$$\tau = \frac{16\, R\, F}{\pi d^3} = \frac{16 \times 25 \times 6500}{\pi \times 5^3} = 6620 \text{ kg/cm}^2 \text{ (adm.).}$$

$$n = \frac{f\, d^4\, G}{16\, R^3\, F} = \frac{15 \times 5^4 \times 850000}{16 \times 25 \times (5{,}5^2 + 25^2) \times 6500} = 4{,}8 \text{ espiras.}$$

Para 5 espiras, $l = 5 \times 5{,}0 + 15 = 40$ cm.

Radio exterior del muelle, R_2 ext. $= 3 + 5 \times 5{,}0 = 28$ cm ($\approx r_2 = 27{,}5$ cm).

Muelles	MUELLES DE TORSIÓN ALAMBRE DE SECCIÓN RECTANGULAR	TABLA 31 . 6

Forma del muelle	*Carga admisible*	*Flecha máxima*
	$F = \mu k b \cdot \frac{\tau_{ad}}{R}$	$f = R\theta = \frac{lR^2}{\mu k b^4} \cdot \frac{F}{G} = \frac{\mu l R^2}{\beta b} \cdot \frac{\tau_{ad}}{G}$
	$F = \frac{bh^2}{6} \cdot \frac{\sigma_{ad}}{R}$	$f = R\theta = lR^2 \cdot \frac{F}{EI} = \frac{12\,l\,R^2}{bh^3} \cdot \frac{F}{E} = \frac{2\,l\,R}{h} \cdot \frac{\sigma_{ad}}{E}$ (l = longitud del alambre desarrollado)
	$F = \mu k b^3 \cdot \frac{\tau_{ad}}{R}$	$f = \frac{2\pi n R^3}{\beta k b^4} \cdot \frac{F}{G} = \frac{\mu l R}{\beta b} \cdot \frac{\tau_{ad}}{G}$ (n = número de espiras).
	$F = \mu k b^3 \cdot \frac{\tau_{ad}}{R}$	$f = \frac{\pi n R^3}{2\beta k b^4} \cdot \frac{F}{G} = \frac{lR^2}{2\beta k b^4} \cdot \frac{F}{G} = \frac{\mu l R}{2\beta b} \cdot \frac{\tau_{ad}}{G}$ Para muelle con R_1 y R_2 se aplicará la nota de la página anterior.

k = h : b	k	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
	β	0,141	0,196	0,229	0,249	0,263	0,281	0,291	0,299	0,303	0,307	0,310	0,313	0,333
	μ	0,208	0,238	0,256	0,269	0,278	0,290	0,298	0,303	0,307	0,310	0,312	0,314	0,333

Ejemplo 1.º. – Cálculo de un resorte para amortiguador, siendo F = 2 t y f = 15 cm. Material, acero para muelles, sin templar (τ_{ad} = 4500 a 5000 kg/cm²; G = 800000 kg/cm²).

Previo tanteo, se hace R = 120 mm, y se toma llanta para muelles, de 75 × 40.

$k = \frac{75}{40} = 1{,}875$; $\beta = 0{,}221$ y $\mu = 0{,}224$ (interpolando linealmente).

$$\tau = \frac{RF}{\mu k b^3} = \frac{12 \times 12000}{0{,}221 \times 1{,}875 \times 4^3} = 4918 \text{ kg/cm}^2 \text{ (adm. } < 5000 \text{ kg/cm}^2\text{)}.$$

$$n = \frac{f\beta k b^4 G}{2\pi R^3 F} = \frac{15 \times 0{,}221 \times 1{,}875 \times 4^4 \times 800000}{2 \times \pi \times 12^3 \times 12000} = 9{,}8 \text{ espiras.}$$

Para 10 espiras, l = 10 × 4 + 15 = 55 cm.

Paso de la hélice, p = 55 : 10 = 5,5 cm (15 mm de holgura entre espiras).

Ejemplo 2.º. – Cálculo de los muelles de parachoques del ejemplo de la página anterior (F = 13t; f = = 15 cm). Acero templado para muelles, τ_{ad} = 6000 a 8000 kg/cm²; G = 850000 kg/cm².

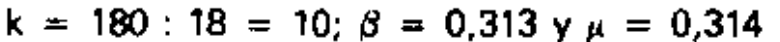
F' = 13:2 = 6,5 t. Previo tanteo se considera muelle troncocónico con r_1 interior = 3 cm, r_2 exterior = 18 cm; llanta de 180 × 18.

k = 180 : 18 = 10; $\beta = 0{,}313$ y $\mu = 0{,}314$

R_1 = 3 + 1,8 : 2 = 3,9 cm; R_2 = 18 − 1,8 : 2 = 17,1 cm.

$$\tau = \frac{RF}{\mu k b^3} = \frac{17{,}1 \times 6500}{0{,}314 \times 10 \times 1{,}8^3} = 6070 \text{ kg/cm}^2 \text{ (adm.)}$$

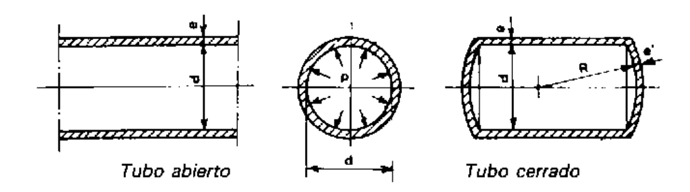
$$n = \frac{2f\beta k b^4 G}{\pi R^3 F} = \frac{2 \times 15 \times 0{,}313 \times 10 \times 1{,}8^4 \times 850000}{\pi \times 17{,}1 \times (17{,}1^2 + 3{,}9^2) \times 6500} = 7{,}8 \text{ espiras.}$$



Disponiendo 8 espiras, l = 8 × 4 + 15 = 47 cm.

Radio exterior, 8 × 1,8 + 3 = 17,4 cm (aproximadamente igual al supuesto, 18 cm).

TUBOS SOMETIDOS A PRESION



Tubo abierto *Tubo cerrado*

Espesores

$$e = \frac{pd}{2} \cdot \frac{1}{\sigma_{ad} m} + c; \quad e' = \frac{pR}{2} \cdot \frac{1}{\sigma_{ad} m} + c \text{ (también para e' de esferas).}$$

Para $R = d$, $e' = e$,

siendo:

- p, la presión interior, kg/cm².
- e, el espesor de la pared del tubo, cm.
- e', el espesor del fondo (o de la esfera), cm.
- τ_{ad}, la tensión máxima admisible, kg/cm².
- m, el módulo de la junta o de debilitación.
- c, constante del material (por conservación).

Tensión admisible (para p de máximo a cero):

τ_{ad} = 250 a 500 kg/cm², para tubos de fundición gris
τ_{ad} = 1200 a 1730 kg/cm², para tubos de chapa de acero.

Módulo de junta:

m = 1, para tubos sin soldadura (de acero o fundición gris).
m = 0,85 para tubos con juntas soldadas.
m = 0,70 para tubos con juntas remachadas.

Constante del material:

c = 1 a 3 mm, según posibilidades de conservación.
Presión de prueba, $p' \approx 1{,}5\, p$
Espesores mínimos recomendables:

e = 2 a 3 mm, para tubos de acero sin soldadura.
e = 4 a 5 mm, para tubos de acero soldados.
e = > a 8 mm, para tubos de fundición gris.

Ejemplo. – Cálculo de un calderín a 1,50 m ∅, con fondo abombado (esférico) de 1,50 m de radio (R), para un presión de trabajo 15 kg/cm². Material, chapa de acero A 42; juntas soldadas.

Presión de prueba, $p' = 15 \times 1{,}5 = 22{,}5$ kg/cm².

$$e = e' = \frac{15 \times 150}{2 \times 1730 \times 0{,}85} + c = 0{,}77 + c, \text{ cm.}$$

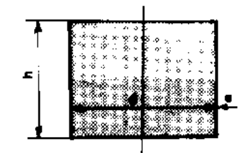
Haciendo $c = 2$, $e = e' = 7{,}7 + 2 = 9{,}7 \approx 10$ mm.

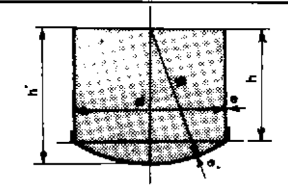
Tensión máxima durante la prueba:

$$\tau_{máx} = \frac{p'd}{2e} = \frac{22{,}5 \times 150}{2 \times 1{,}0} = 1688 \text{ kg/cm}^2$$ (< 2600 × 0,85 = 2210 kg/cm², tensión máxima admisible para la soldadura).

Tensión máxima en el calderín en perfecto estado de conservación:

$$\tau_{máx} = \frac{15 \times 150}{2 \times 1{,}0} = 1125 \text{ kg/cm}^2.$$





Como en los tubos sometidos a presión:

$$e = \frac{pd}{2} \cdot \frac{1}{\sigma_{ad} m} + c \; ; \; e' = \frac{p'R}{2} \cdot \frac{1}{\sigma_{ad} m} + c$$

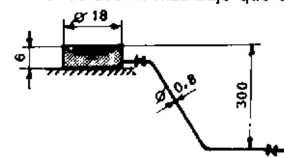
Para R = d, e' = e

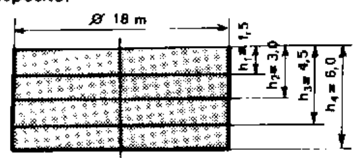
Presión del agua:

$$p = \frac{h}{10}, \text{ kg/cm}^2 \text{ (h en metros)}$$

Para otros líquidos, $p = \frac{h}{10} \times q$, siendo q su peso específico.

Ejemplo. — Cálculo de un depósito para agua, de 18 m de diámetro y 6 m de altura, y la tubería de 800 mm de diámetro interior para conducción de agua desde el depósito al lugar de abastecimiento situado a un nivel de 300 m más bajo que el nivel del depósito.





Dividiendo la altura del depósito en cuatro virolas de 1,5 m, se tiene:

$$p_1 = \frac{1{,}5}{10} = 0{,}15 \text{ kg/cm}^2; \; p_2 = 0{,}15 \times 2 = 0{,}30 \text{ kg/cm}^2; \; p_3 = 0{,}15 \times 3 = 0{,}45 \text{ kg/cm}^2;$$

$$p_4 = 0{,}15 \times 4 = 0{,}60 \text{ kg/cm}^2$$

Chapas de acero A 42, $\sigma_{ad} = 1730$ kg/cm² ($\nu = 1{,}5$); juntas soldadas.

$$e_1 = \frac{0{,}15 \times 1800}{2 \times 1730 \times 0{,}85} + c = 0{,}1 + c; \text{ para } c = 0{,}3 \text{ cm}, \; e_1 = 0{,}1 + 3 = 3{,}1 \text{ mm.}$$

$$e_2 = 2 \times 0{,}1 + 3 = 3{,}2 \text{ mm}; \; e_3 = 3 \times 0{,}1 + 2 = 3{,}3 \text{ mm}; \; e_4 = 4 \times 0{,}1 + 3 = 3{,}4 \text{ mm.}$$

Se dispondrá chapa de 5 mm para todas las virolas, y asimismo para la chapa del fondo, cuyo espesor será igual al de la última virola, por cordón de soldadura.

Para el cálculo de la tubería, se divide la altura en tres tramos de 100 m; se tiene:

$$p_1 = \frac{100}{10} = 10 \text{ kg/cm}^2; \; p_2 = 10 \times 2 = 20 \text{ kg/cm}^2; \; p_3 = 10 \times 3 = 30 \text{ kg/cm}^3$$ (válvula inferior cerrada).

Chapa de acero A 42; $\sigma_{máx} = 1730$ kg/cm² ($\nu = 1{,}5$); juntas soldadas.

$$e_1 = \frac{10 \times 80}{2 \times 1730 \times 0{,}85} + c = 0{,}27 + c, \text{ cm; tomando } c = 3 \text{ mm}, \; e_1 = 2{,}7 + 3 \approx 6 \text{ mm.}$$

$$e_2 = 2{,}7 \times 2 + 3 \approx 9 \text{ mm}; \; e_3 = 2{,}7 \times 3 + 3 \approx 11 \text{ mm.}$$

En la prueba de presión, haciendo p' = 1,5 p, resultaría:

$$\sigma_{máx} = \frac{1{,}5 \times 30 \times 80}{2 \times 1{,}1} = 1636 \text{ kg/cm}^2 \; (< 2600 \times 0{,}85 = 2210 \text{ kg/cm}^2 \text{ para la soldadura).}$$

En tubería nueva, la tensión de trabajo sería, $\sigma_{máx} = \frac{30 \times 80}{2 \times 1{,}1} = 1090$ kg/cm².

Para tubería de hierro fundido, con $\sigma_{ad} = 350$ kg/cm², resulta:

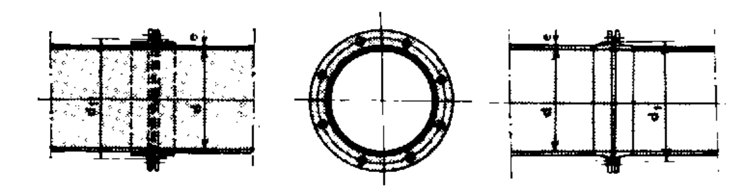
$$e_1 = \frac{10 \times 80}{2 \times 350} + c = 1{,}14 + c, \text{ cm; tomando } c = 3 \text{ mm}, \; e_1 = 11{,}4 + 3 \approx 14 \text{ mm.}$$

$$e_2 = 2 \times 11{,}4 + 3 \approx 26 \text{ mm}; \; e_3 = 3 \times 11{,}4 \approx 37 \text{ mm.}$$

Presión de trabajo con tubo nuevo, $\sigma_{máx} = \frac{30 \times 80}{2 \times 3{,}7} = 324$ kg/cm²; en la prueba, $\sigma_{máx} =$

$$= \frac{1{,}5 \times 30 \times 80}{2 \times 3{,}7} = 486 \text{ kg/cm}^2.$$

BRIDAS PARA UNIÓN DE TUBOS

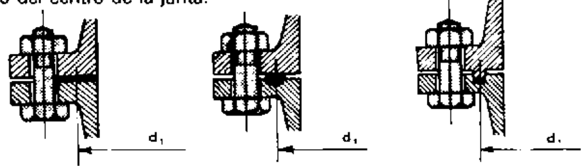


Presión

Se considera que la presión interior p llega hasta el centro de la junta; la presión total sobre la brida, es:

$$P = p \cdot \frac{\pi d_1^2}{4}$$

siendo d_1 el diámetro del centro de la junta.

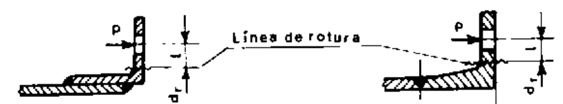


La presión P será absorbida por los tornillos de la brida, en número de cuatro o de un múltiplo de cuatro; el esfuerzo de tracción en cada tornillo, es

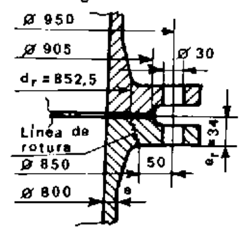
$F_t = \frac{P}{n}$, siendo n el número de tornillos, y la tensión en el núcleo de la rosca,

$\sigma = \frac{F_t}{A_t}$, siendo A_t el área resistente de la rosca del tornillo.

Las bridas se calcularán a flexión como vigas empotradas, soportando la fuerza P aplicada según el eje de los tornillos, a la distancia l de la línea de rotura; longitud $\pi \cdot d_r$



Ejemplo. — Cálculo de brida para una tubería de 800 mm de diámetro interior, sometida a una presión de 30 kg/cm².



Tomando brida de acero, se tiene:

$d_r = \frac{800 + 905}{2} = 852{,}5$ mm; $P = \frac{\pi \times 85{,}25^2}{4} \times 30 = 171238$ kg.

$M = Pl = 171{,}24 \times 5 = 856{,}2$ tcm.

$W = \frac{\pi\ d_r\ e_r}{6} = \frac{\pi \times 85 \times 3{,}2^2}{6} = 456$ cm³.

$\sigma = \frac{856{,}2}{456} = 1{,}88$ kg/cm² $> \sigma_{ad} = 1{,}73$ kg/cm² ($\nu = 1{,}5$).

Aumentando el espesor, de 32 a 34 mm, resulta:

$W = \frac{\pi \times 85 \times 3{,}4^2}{6} = 514$ cm³; $\sigma = \frac{856{,}2}{514} = 1{,}67$ t/cm² (adm. < 1,73 kg/cm².)

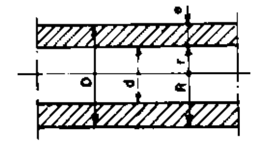
Tornillos M 27, $A_t = 4{,}59$ cm² (Tabla 20.6); $F_t = 4{,}59 \times 1{,}73 \times 0{,}8 = 6{,}35$ t.

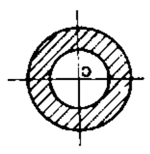
Número de tornillos, $n = \frac{171{,}24}{6{,}35} = 27$; disponiendo 28 (múltiplo de 4), el paso es:

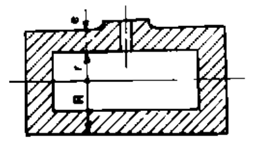
$s = \frac{\pi \cdot d'}{28} = \frac{\pi \times 950}{28} = 106{,}6$ mm (admisible, ≃ 4 diámetros de tornillo).

La tensión en los tornillos, $\sigma = \frac{171{,}24}{4{,}59 \times 28} = 1{,}33$ t/cm² (< 1,73 × 0,8 = 1,38 t/cm²).

TUBOS SOMETIDOS A GRANDES PRESIONES







Tensiones

Para cilindro abierto:

$$\text{Tensión reducida, } \sigma_r = p \cdot \frac{\sqrt{1 + 3\eta^4}}{\eta^2 - 1}; \quad \eta = \frac{R}{r} \geq \sqrt{\frac{\psi^2 + \sqrt{4\psi^2 - 3}}{\psi^2 - 3}}.$$

$$\psi = \frac{\sigma_{ad}}{p} > \sqrt{3}\ (= 1{,}73);\ p < \frac{\sigma_{ad}}{1{,}73}$$

Para cilindro cerrado:

$$\text{Tensión reducida, } \sigma_r = p \cdot \frac{1{,}73\ \eta^2}{\eta^2 - 1}; \quad \eta = \frac{R}{r} \geq \sqrt{\frac{\sigma_{ad}}{\sigma_{ad} - 1{,}73\ p}}.$$

$$p < \frac{\sigma_{ad}}{1{,}73}$$

Ejemplo 1.°. – Cálculo de un tubo abierto de acero fundido, sometido a una presión de 300 kg/cm². Acero fundido, $\sigma_{ad} = 1200$ kg/cm².

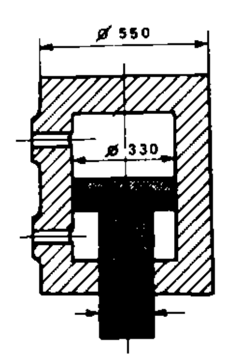
$$\frac{\sigma_{ad}}{1{,}73} = \frac{1200}{1{,}73} = 693{,}6 > p;\ \sigma = \frac{1200}{300} = 4\ (> \sqrt{3}).$$

$$\eta = \sqrt{\frac{4^2 + \sqrt{4 \times 4^2 - 3}}{4^2 - 3}} = \sqrt{\frac{16 + 7{,}8}{13}} = 1{,}35$$

Haciendo r = 2,5 cm, R = 2,5 × 1,35 = 3,4 cm ≈ 35 mm; e = 35 − 25 = 10 mm.

$$\psi = \frac{3{,}5}{2{,}5} = 1{,}4;\ \sigma_r = 300 + \frac{\sqrt{1 + 3 \times 1{,}4^4}}{1{,}4^2 - 1} = 1105 \text{ kg/cm}^2\ (< \sigma_{ad}).$$

Ejemplo 2.°. – Cálculo del diámetro del pistón, del émbolo, y el exterior de una prensa hidráulica, que ha de realizar una presión de 250 t. Pistón de acero, $\sigma_{ad} = 1400$ kg/cm²; cilindro de acero fundido, $\sigma_{ad} = 800$ kg/cm².



Superficie del pistón, $A_1 = \dfrac{250000}{1400} = 178{,}6 \text{ cm}^2 \left(= \dfrac{\pi d_1^2}{4}\right)$

Diámetro, $d_1 = \sqrt{\dfrac{4 \times 178{,}6}{\pi}} = 15$ cm.

$p < \dfrac{800}{1{,}73} = 462{,}4$ kg/cm²; haciendo p = 300 kg/cm², se tiene:

$A = \dfrac{250000}{300} = 833{,}3 \text{ cm}^2 \left(= \dfrac{\pi d^2}{4}\right)$

$d = \sqrt{\dfrac{4 \times 833{,}3}{\pi}} = 32{,}5$ cm; se hace d = 330 mm (normalizado).

$p = \dfrac{250000}{\dfrac{\pi \times 33^2}{4}} = 292{,}3 \text{ kg/cm}^2;\ \eta \geq \sqrt{\dfrac{800}{800 - 1{,}73 \times 292{,}3}} = 1{,}65$

Diámetro exterior de la prensa, D = 33 × 1,65 = 54,5 cm; se hace D = 55 cm (normalizado).
Tensión reducida:

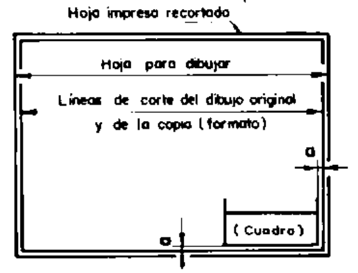
$$\sigma_r = 292{,}3 \times \frac{1{,}73 \times 1{,}65^2}{1{,}65^2 - 1} = 799{,}2 \text{ kg/cm}^2.$$

SECCIÓN SÉPTIMA

TÉCNICAS GRÁFICAS. REPRESENTACIÓN SIMBÓLICA

FORMATOS

Las hojas para los dibujos, de forma rectangular, están normalizadas; la superficie del formato de origen es de 1 m², y la relación de sus dimensiones es 1 a $\sqrt{2}$, resultando 841 × 1189 mm.



Las dimensiones de los formatos figuran en el cuadro que sigue:

Formato Serie A	Dimensiones del formato	Dimensiones de la hoja para dibujar	Margen del cuadro a	Ancho del rollo de papel para obtener la hoja de dibujo	
4 A 0	2378 x 1682	2420 x 1720	20		
2 A 0	1682 x 1189	1720 x 1230	15	1250	
A 0	1189 x 841	1230 x 880	10	900	
A 1	841 x 594	880 x 625	10	900	660
A 2	594 x 420	625 x 450	10	900	660
A 3	420 x 297	450 x 330	10	900	660
A 4	297 x 210	330 x 240	5	660	
A 5	210 x 148	240 x 165	5	660	
A 6	148 x 105	165 x 120	5	660	
Dimensiones en mm. El ancho de los rollos de papel y tela es adecuado para hacer formatos.					

En los países anglosajones los tamaños parten del tamaño de la hoja para carta comercial, siendo el tamaño básico el A (8 ½" × 11"; los formatos son los que figuran en el cuadro que sigue.

Formato	*Dimensiones en pulgadas*	*Dimensiones en milímetros*
A	8 ½ × 11	216 × 280
B	11 × 17	280 × 432
C	17 × 22	432 × 559
D	22 × 34	559 × 864
E	34 × 44	864 × 1118

ESCALAS

Las escalas, relación entre el dibujo y la longitud representada, figuran en el cuadro que sigue.

Relación	*Fábricas e instalaciones*	*Construcciones civiles*	*Topografía*	*Urbanismo*
Reducción	1:1 (1:2) 1:2,5 1:5 1:10 1:20 (1:25) 1:50 1:100 1:200 (1:250) (1:2500)	1:5 1:10 1:20 1:50 1:100 1:200 1:500 1:1000	1:100 1:200 1:500 1:1000 1:2000 1:5000 1:10000 1:25000 1:50000	1:500 1:2000 1:5000 1:25000 1:50000
Ampliación	2:1 5:1 10:1			

Técnicas gráficas	CLASES DE LÍNEAS Y SÍMBOLOS PARA EL RAYADO	TABLA 2 . 7

CLASES DE LÍNEAS

En los dibujos o representaciones industriales se utilizan líneas de forma y espesor variables según su aplicación representativa, agrupados por espesores correspondientes a las líneas llenas como seguidamente se especifica.

Línea gruesa	———————	Se emplea para representar contornos y aristas visibles
Línea fina	———————	Contornos y aristas ficticias Líneas de cota y referencia Rayados Contornos de piezas o figuras contiguas Contornos de superficies abatidos sobre la superficie del dibujo Límite de vistas o cortes parciales si este límite no es un eje
Interrumpida media corta	— — — — — —	Contornos no visibles
Fina de trazos y punto	— · — · — · —	Ejes Posiciones extremas de las piezas móviles Partes situadas delante de un plano de corte
Fina con dos trazos gruesos	═— · — · —═	Trazas de planos de corte
Gruesa de trazo y punto	—·—·—·—·—	Indicaciones de superficies antes de sufrir un tratamiento

SÍMBOLOS PARA EL RAYADO

Las superficies cortadas se rayan o colorean como se indica en el cuadro. La separación del rayado la mayor posible. La parte cortada se raya con líneas finas dispuestas, en lo posible a 45° respecto de los ejes de la figura.

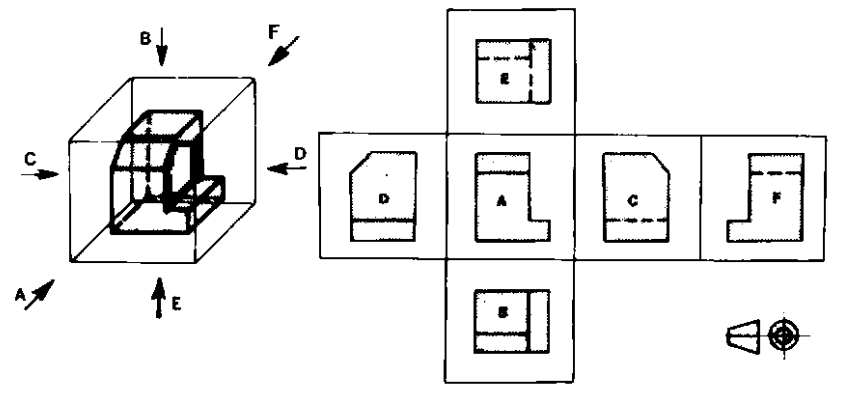
MATERIAL	Rayado	Color	MATERIAL	Rayado	Color
Fundición gris		GRIS	Materiales para juntas y aislantes (fieltro, fibro, amianto)		SEPIA
Fundición maleable		AZUL CLARO	a) ebonita		SEPIA
Acero, acero moldeado		LILA	b) goma		SEPIA
Cobre		ROJO	c) cuero		SEPIA
Bronce, bronce rojo		NARANJA	d) materiales prensados en capas)		SEPIA
Latón		AMARILLO	Muelas		AMARILLO OSCURO
Estaño, plomo, zinc, metal blanco		VERDE CLARO	Madera (transversal, longitudinal)		NARANJA
Metales ligeros (aluminio y sus aleaciones, aleaciones de magnesio)		VERDE	Fábrica de ladrillo		ROJO
Niquel y sus aleaciones		LILA CLARO	Mampostería		GRIS
Bobinas, (electroimanes, resistencias)		ROJO / VERDE	Hormigón		GRIS
Cristal		VERDE CLARO	Material refractario		AMARILLO OSCURO
Cellón, celuloide		VERDE CLARO	Terrenos		SEPIA
Mármol, pizarra, porcelana		SEPIA	Líquidos		AZUL CLARO

Elección de las vistas y representación

Las vista de frente o alzado generalmente representa al objeto o pieza en la posición de su utilización. Las piezas que pueden representarse en cualquier posición, tales como tornillos, ejes, etc. se representan generalmente en su posición principal de mecanizado.

El número de vistas, incluidos los cortes o secciones, será el mínimo suficiente para representar la pieza sin ambigüedad.

Una vez escogida la vista principal (de frente o alzado), las otras direcciones de observación formarán con la primera y entre ellas ángulo de 90°, salvo indicación expresa



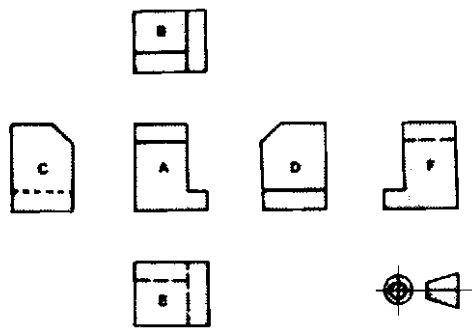
La vista posterior F puede disponerse a la derecha o izquierda de la A, indistintamente. El símbolo del método (cono truncado) se colocará en el cuadro del rótulo junto a la indicación de escala.

Las vistas se denominarán:

Vista según A.—Vista de frente o alzado.
Vista según B.—Vista superior o planta.
Vista según C.—Vista izquierda o lateral izquierda.
Vista según D.—Vista derecha o laterla derecha.
Vista según E.—Vista inferior.
Vista según F.—Vista posterior.

Método anglosajón

En países anglosajones, con relación a la vista principal (frente o alzado), se disponen los restantes como seguidamente se representa (el símbolo del método cambia de posición).

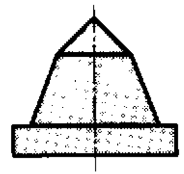
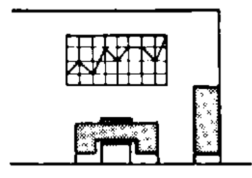
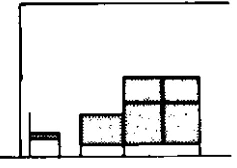


Al primer método de proyección (figura superior) se suele designar como "proyección en el primer diedro", y al de la figura inferior "proyección en el tercer diedro".

MÉTODOS DE PROYECCIÓN

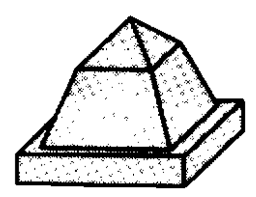
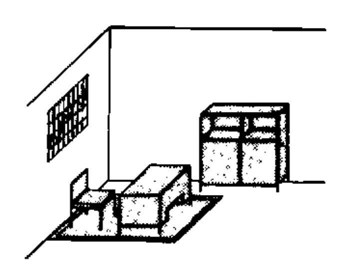
Proyección ortogonal

La proyección del cuerpo o pieza se efectúa perpendicularmente a los planos del triedro de proyección; es el método más generalizado en las representaciones industriales. Precisa, como mínimo, de dos proyecciones (la principal y la lateral o de planta) para apreciar las dimensiones.

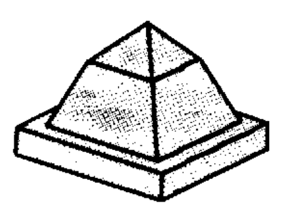
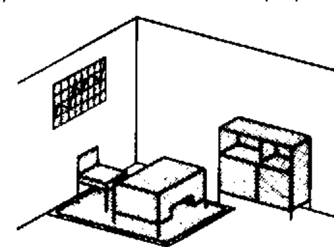
Perspectiva caballera

La perspectiva caballera permite obtener la representación de un cuerpo o pieza, en la que ésta aparece según su aspecto habitual, más o menos deformadas. La vista principal de la pieza es paralela al plano de proyección. El proceso de representación no es muy laborioso.

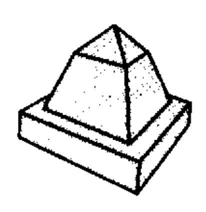
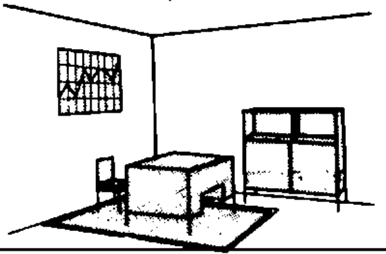
Perspectiva axonométrica

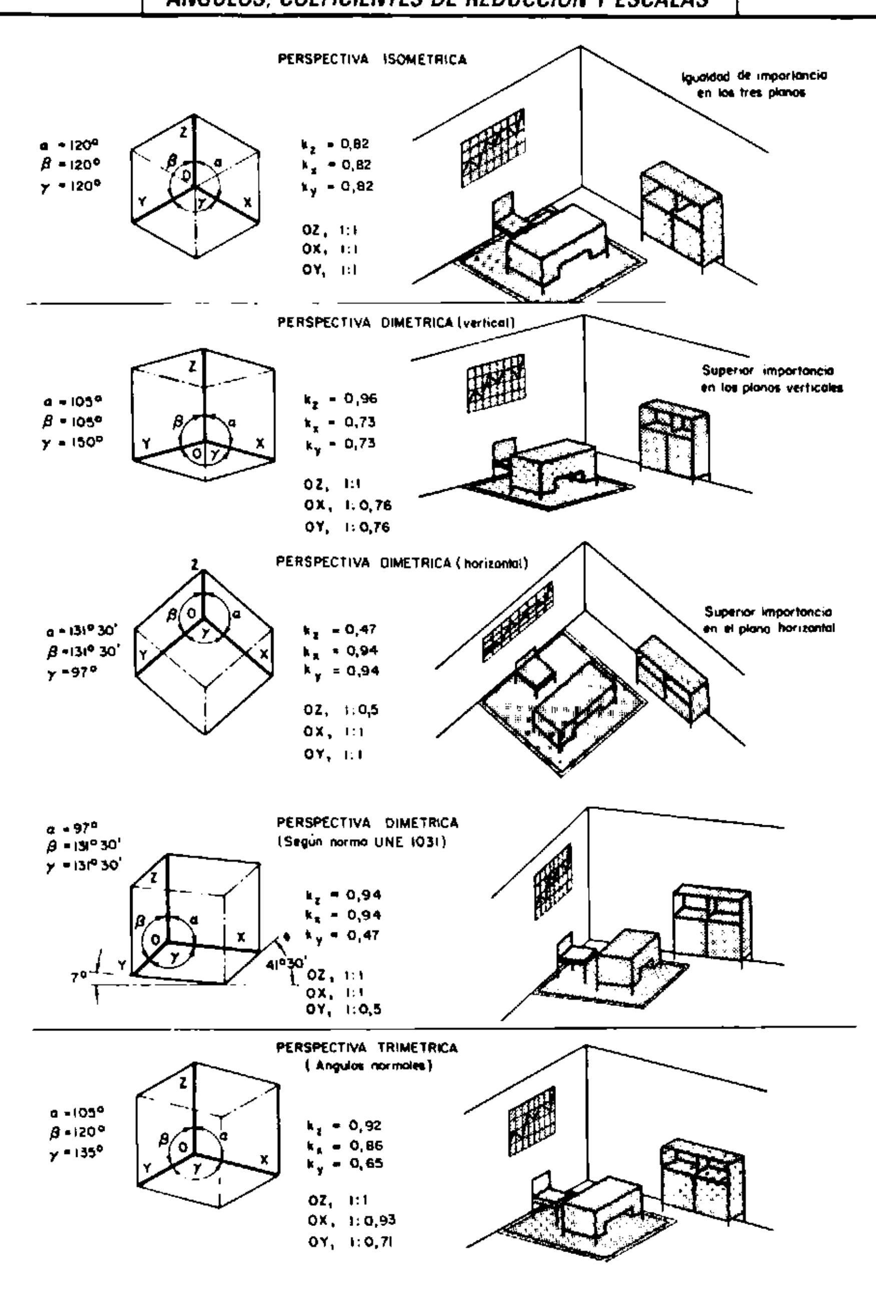
La perspectiva axonométrica puede considerarse como el sistema más generalizado para obtener una representación en la que aparezca la pieza representada sensiblemente igual a como sería vista. El proceso de representación es un tanto laborioso. En la Tabla 3.7 se exponen varias proyecciones axonométricas vistas con distintos ángulos y escalas, de un despacho (el mismo en todas las proyecciones).

Perspectiva cónica

La perspectiva cónica muestra el aspecto del cuerpo o de la pieza tal como un observador la vería al situarse frente al cuadro. El proceso de representación es más laborioso que el de los métodos anteriores.



Técnicas gráficas
— PERSPECTIVAS AXONOMÉTRICAS —
ÁNGULOS, COEFICIENTES DE REDUCCIÓN Y ESCALAS
TABLA 3 . 7
PERSPECTIVA ISOMETRICA
α = 120°
β = 120°
γ = 120°
Z
O
Y
X
k z = 0,82
k x = 0,82
k y = 0,82
OZ, 1:1
OX, 1:1
OY, 1:1
Igualdad de importancia en los tres planos
PERSPECTIVA DIMETRICA (vertical)
α = 105°
β = 105°
γ = 150°
k z = 0,96
k x = 0,73
k y = 0,73
OZ, 1:1
OX, 1: 0,76
OY, 1: 0,76
Superior importancia en los planos verticales
PERSPECTIVA DIMETRICA (horizontal)
α = 131° 30'
β = 131° 30'
γ = 97°
k z = 0,47
k x = 0,94
k y = 0,94
OZ, 1:0,5
OX, 1:1
OY, 1:1
Superior importancia en el plano horizontal
PERSPECTIVA DIMETRICA
(Según norma UNE 1031)
α = 97°
β = 131° 30'
γ = 131° 30'
k z = 0,94
k x = 0,94
k y = 0,47
7°
41°30'
OZ, 1:1
OX, 1:1
OY, 1:0,5
PERSPECTIVA TRIMETRICA
(Angulos normales)
α = 105°
β = 120°
γ = 135°
k z = 0,92
k x = 0,86
k y = 0,65
OZ, 1:1
OX, 1: 0,93
OY, 1: 0,71

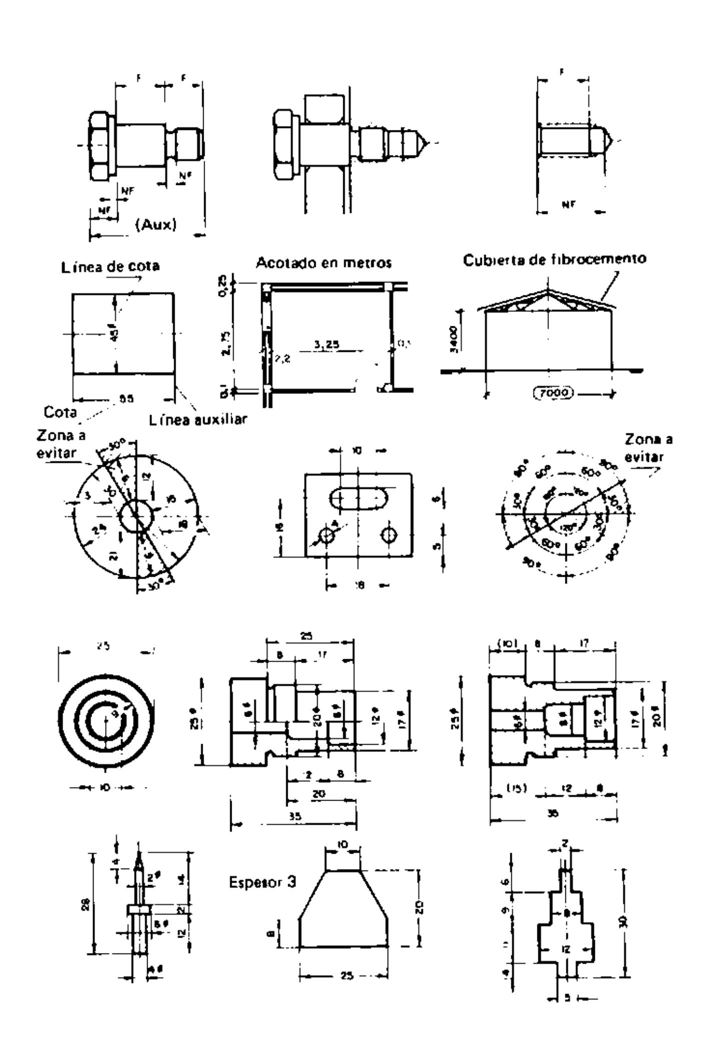
Disposiciones sobre el acotado

El acotado tiene por objeto el manifestar las dimensiones de un objeto o pieza, cuyos valores no deben considerarse por la escala de dimensiones del dibujo correspondiente.

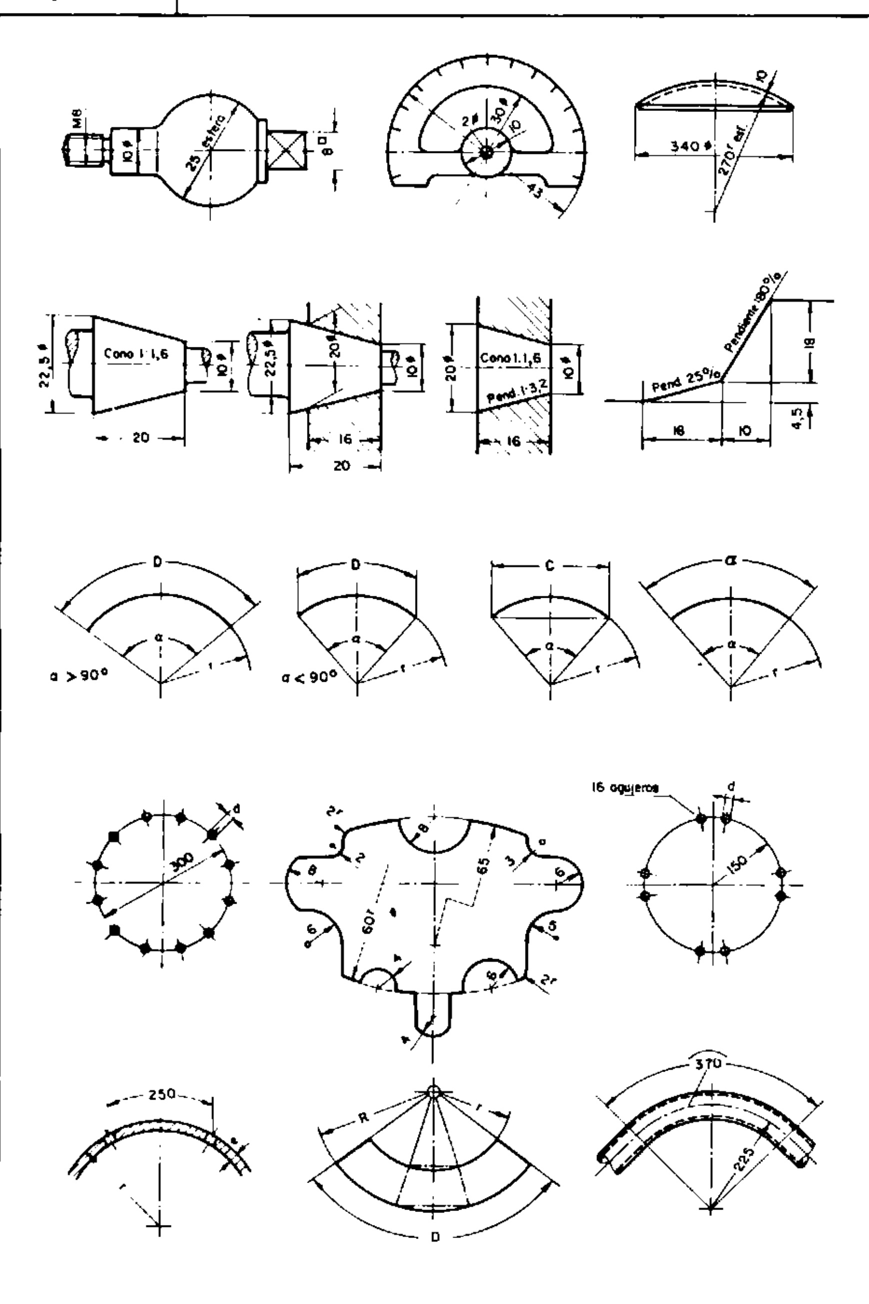
En el acotado figurarán las cotas necesarias, y se hará constar toda la información necesaria para definir la pieza en su estado de acabado, con las condiciones de fabricación y verificación.

Las líneas de cota se rematan con flechas en sus extremos o trazos oblicuos a 45°; las cotas fuera de escala se subrayan.

En las figuras que siguen puede apreciarse distintas disposiciones de acotado, y en la página siguiente otras disposiciones de signos auxiliares y acotado de arcos y radios.



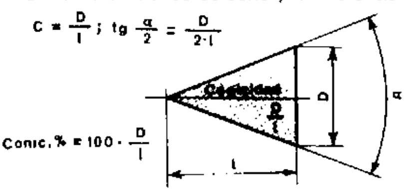
DISPOSICIONES DE ACOTADO

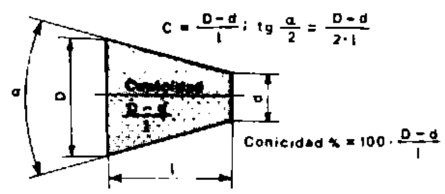


CONICIDAD, PENDIENTE Y MEDIDA DE LOS ÁNGULOS

Conicidad

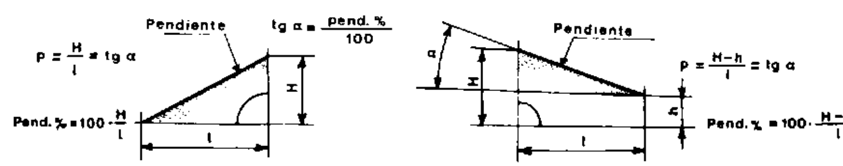
Conicidad es la razón existente entre el diámetro de la base de un cono y su altura, o la razón entre la altura de un tronco de cono y la diferencia de sus diámetros





Pendiente

Pendiente es la razón existente entre la altura de una recta respecto de un plano y la longitud de la proyección de la recta sobre el mismo plano, o bien, la razón entre la diferencia de altura de los extremos de la recta y su proyección con referencia al mismo plano.



La conicidad de un cono es igual al doble de la pendiente de la generatriz de aquel cono.

En la Tabla 4_1 . 7 se exponen pendientes en % para valores angulares, y en la Tabla 4_2 . 7 ángulos correspondientes a pendientes en %. Los valores de los ángulos, en grados sexagesimales y centesimales.

Medida de los ángulos

Existe dificultad para poder apreciar con detalle el valor del ángulo formado por dos rectas y asimismo, existe la misma dificultad para trazar un ángulo, operando con el transportador en ambos casos, por lo que es conveniente el proceder con dimensiones lineales, lo más grandes posibles (o convenientes) en ambos casos, operando con la Tabla trigonométrica de tangentes naturales.

Ejemplo 1.°.—Trazado de un ángulo de 21° 20'.

Según la Tabla 4_3 . 1 la tangente de 21° 20 es igual a 0,39055.

Sobre una recta se lleva una longitud de 100, 200, ... 1000, 2000, ... mm y sobre uno de los extremos marcados se traza una perpendicular sobre la que se lleva una altura de 39,055, 78,11, ... 390,55, 781,1, ... mm, y uniendo los extremos libres de las dos rectas por medio de otra, quedará trazado el ángulo de 21° 20'.

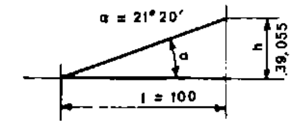
Ejemplo 2.°.—Medida del valor de un ángulo dado.

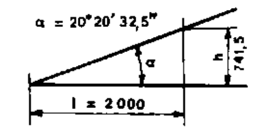
Sobre uno de los lados del ángulo y a partir del vértice se lleva una longitud l de 100, 200, ... 1000, 2000, ... mm, y por el extremo marcado se traza una perpendicular al lado, que corte al otro lado; la altura comprendida entre los dos lados es h, y la tangente del ángulo dado resulta:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{l}$$

Por ejemplo, si l = 2000 mm y h = 741,5 mm la tangente sería:

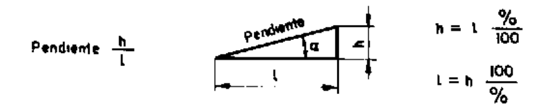
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{741{,}5}{2000} = 0{,}37075,$$ que corresponde a un ángulo de 20° 20'32,5".





Técnicas gráficas	PENDIENTES EN % PARA VALORES ANGULARES	TABLA 4, · 7

Valores de α de 0° a 90° ó de 0^g a 100^g



División sexagesimal				División centesimal			
α°	Pendiente %.	α°	Pendiente %	α^{g}	Pendiente %	α^{g}	Pendiente %
1	1,746	46	103,553	1	1,571	51	103,192
2	3,492	47	107,237	2	3,143	52	106,489
3	5,241	48	111,061	3	4,716	53	109,899
4	6,993	49	115,037	4	6,291	54	113,428
5	8,749	50	119,175	5	7,870	55	117,085
6	10,510	51	123,490	6	9,453	56	120,879
7	12,278	52	127,994	7	11,040	57	124,820
8	14,054	53	132,704	8	12,633	58	128,919
9	15,838	54	137,638	9	14,232	59	133,187
10	17,633	55	142,815	10	15,838	60	137,638
11	19,438	56	148,256	11	17,453	61	142,286
12	21,256	57	153,987	12	19,076	62	147,146
13	23,087	58	160,033	13	20,709	63	152,235
14	24,933	59	166,428	14	22,353	64	157,575
15	26,795	60	173,205	15	24,008	65	163,185
16	28,675	61	180,405	16	25,676	66	169,091
17	30,573	62	188,073	17	27,357	67	175,319
18	32,492	63	196,261	18	29,053	68	181,899
19	34,433	64	205,030	19	30,764	69	188,867
20	36,397	65	214,451	20	32,492	70	196,261
21	38,386	66	224,604	21	34,238	71	204,125
22	40,403	67	235,585	22	36,002	72	212,511
23	42,447	68	247,509	23	37,787	73	221,475
24	44,523	69	260,509	24	39,593	74	231,086
25	46,631	70	274,748	25	41,421	75	241,421
26	48,773	71	290,421	26	43,274	76	252,571
27	50,953	72	307,768	27	45,152	77	264,642
28	53,171	73	327,085	28	47,056	78	277,761
29	55,431	74	348,741	29	48,989	79	292,076
30	57,735	75	373,205	30	50,953	80	307,770
31	60,086	76	401,078	31	52,947	81	325,06
32	62,487	77	433,148	32	54,975	82	344,20
33	64,941	78	470,463	33	57,039	83	365,54
34	67,451	79	514,455	34	59,140	84	389,47
35	70,021	80	567,128	35	61,280	85	416,53
36	72,654	81	631,375	36	63,462	86	447,37
37	75,355	82	711,537	37	65,688	87	488,88
38	78,129	83	814,435	38	67,960	88	524,22
39	80,978	84	951,436	39	70,281	89	572,97
40	83,910	85	1143,005	40	72,654	90	631,38
41	86,929	86	1430,067	41	75,082	91	702,64
42	90,040	87	1908,114	42	77,568	92	791,58
43	93,252	88	2863,625	43	80,115	93	905,79
44	96,569	89	5728,996	44	82,727	94	1057,9
45	100	90	∞	45	85,408	95	1270,6
				46	88,162	96	1589,5
				47	90,993	97	2120,5
				48	93,906	98	3182,1
				49	96,907	99	6365,7
				50	100,000	100	∞

Ejemplos. — Pendiente correspondiente a un ángulo de 9°, igual a 15,838 %

Pendiente correspondiente a un ángulo de 6^g, igual a 9,453 %

Técnicas gráficas	ÁNGULOS CORRESPONDIENTES A PENDIENTES EN %	TABLA 4, - 7

Valores de α en grados sexagesimales y centesimales

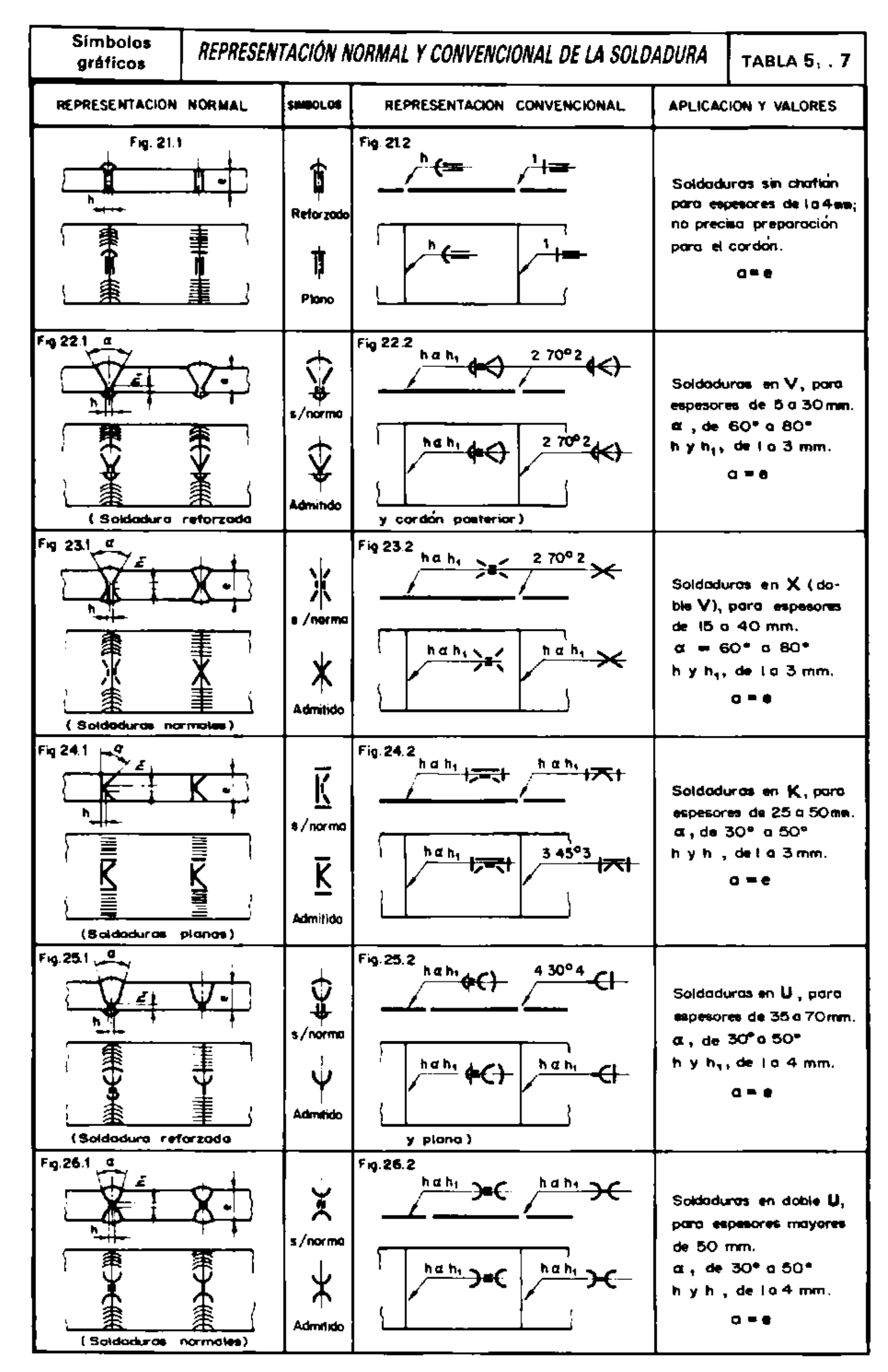
$$tg\ \alpha = \frac{h}{l}$$

Pendiente α h l

Pendiente, % = 100 tg α

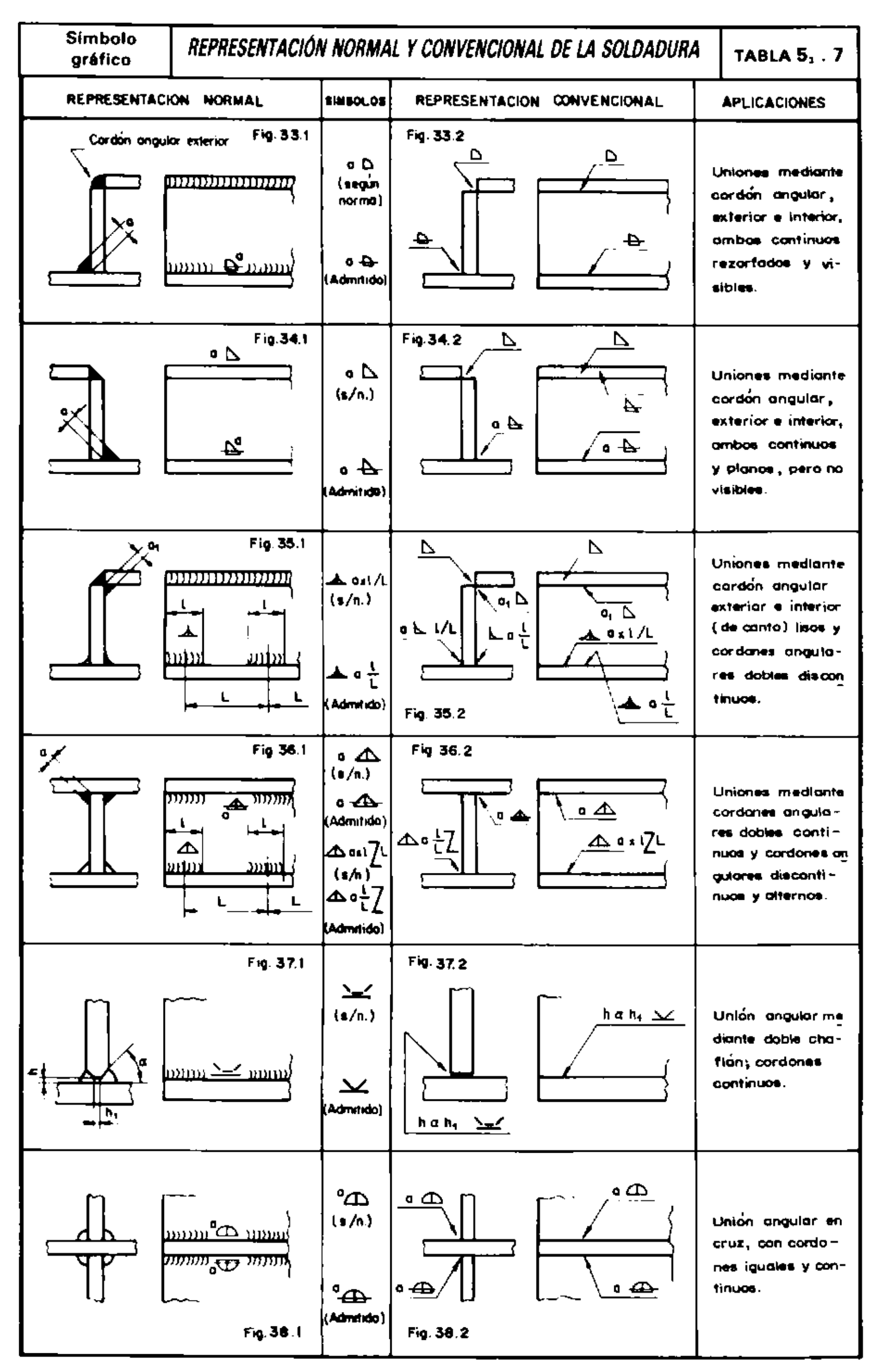
α° (sexagesimal)	Pendiente %	α^g (centesimal)	α° (sexagesimal)	Pendiente %	α^g (centesimal)	α° (sexagesimal)	Pendiente %	α^g (centesimal)	α° (sexagesimal)	Pendiente %	α^g (centesimal)
0° 34' 23"	1	0,637	27° 1' 18"	51	30,025	45° 17' 6"	101	50,317	56° 29' 7"	151	62,761
1° 8' 45"	2	1,273	27° 28' 26"	52	30,527	45° 34' 2"	102	50,630	56° 39' 33"	152	62,955
1° 43' 6"	3	1,910	27° 55' 25"	53	31,026	45° 50' 48"	103	50,941	56° 49' 54"	153	63,146
2° 17' 26"	4	2,544	28° 22' 9"	54	31,521	46° 7' 24"	104	51,248	57° 0' 8"	154	63,336
2° 51' 45"	5	3,181	28° 48' 39"	55	32,011	46° 23' 50"	105	51,552	57° 10' 17"	155	63,524
3° 26' 1"	6	3,815	29° 14' 56"	56	32,499	46° 40' 6"	106	51,854	57° 20' 21"	156	63,710
4° 0' 15"	7	4,450	29° 40' 59"	57	32,981	46° 56' 12"	107	52,152	57° 30' 19"	157	63,895
4° 34' 26"	8	5,082	30° 6' 49"	58	33,460	47° 12' 9"	108	52,447	57° 40' 11"	158	64,077
5° 8' 34"	9	5,714	30° 32' 26"	59	33,934	47° 28' 57"	109	52,740	57° 49' 54"	159	64,259
5° 42' 40"	10	6,346	30° 57' 50"	60	34,404	47° 43' 35"	110	53,029	57° 59' 41"	160	64,440
6° 16' 38"	11	6,975	31° 22' 59"	61	34,870	47° 59' 3"	111	53,316	58° 9' 17"	161	64,616
6° 50' 34"	12	7,603	31° 47' 56"	62	35,332	48° 14' 23"	112	53,600	58° 18' 49"	162	64,793
7° 24' 25"	13	8,230	32° 12' 39"	63	35,790	48° 29' 33"	113	53,881	58° 28' 16	163	64,968
7° 58' 11"	14	8,855	32° 37' 9"	64	36,243	48° 44' 32"	114	54,159	58° 37' 37"	164	65,141
8° 32' 51"	15	9,479	33° 1' 16"	65	36,693	48° 59' 27"	115	54,434	58° 46' 54"	165	65,313
9° 5' 25"	16	10,100	33° 25' 29"	66	37,138	49° 14' 11"	116	54,707	58° 56' 5"	166	65,483
9° 39' 53"	17	10,720	33° 49' 20"	67	37,580	49° 28' 46"	117	54,977	59° 5' 12"	167	65,652
10° 12' 14"	18	11,358	34° 12' 57"	68	38,017	49° 43' 12"	118	55,245	59° 14' 14"	168	65,819
10° 45' 29"	19	11,953	34° 36' 20"	69	38,451	49° 57' 30"	119	55,509	59° 23' 11"	169	65,985
11° 18' 36"	20	12,567	34° 59' 31"	70	38,880	50° 11' 40"	120	55,772	59° 32' 4"	170	66,149
11° 51' 36"	21	13,178	35° 22' 29"	71	39,305	50° 25' 41"	121	56,031	59° 40' 52"	171	66,312
12° 24' 27"	22	13,786	35° 45' 14"	72	39,726	50° 39' 34"	122	56,288	59° 49' 35"	172	66,474
12° 57' 10"	23	14,392	36° 7' 48"	73	40,144	50° 53' 19"	123	56,543	59° 58' 4"	173	66,634
13° 29' 45"	24	14,995	36° 30' 5"	74	40,557	51° 6' 56"	124	56,795	60° 6' 48"	174	66,793
14° 2' 10"	25	15,596	36° 52' 12"	75	40,967	51° 20' 25"	125	57,045	60° 15' 18"	175	66,950
14° 34' 27"	26	16,193	37° 14' 5"	76	41,372	51° 33' 46"	126	57,292	60° 23' 44"	176	67,106
15° 6' 34"	27	16,788	37° 35' 47"	77	41,774	51° 47' 59"	127	57,537	60° 32' 5"	177	67,261
15° 38' 32"	28	17,380	37° 57' 15"	78	42,171	52° 0' 5"	128	57,779	60° 40' 22"	178	67,414
16° 10' 20"	29	17,969	38° 18' 31"	79	42,569	52° 13' 3"	129	58,019	60° 48' 37"	179	67,566
16° 42' 57"	30	18,565	38° 39' 36"	80	42,955	52° 25' 53"	130	58,257	60° 56' 43"	180	67,717
17° 13' 10"	31	19,137	39° 0' 27"	81	43,345	52° 38' 36"	131	58,493	61° 4' 48"	181	67,867
17° 44' 41"	32	19,716	39° 21' 6"	82	43,724	52° 51' 12"	132	58,726	61° 12' 48"	182	68,015
18° 15' 46"	33	20,292	39° 41' 34"	83	44,103	53° 3' 40"	133	58,957	61° 20' 44"	183	68,162
18° 46' 41"	34	20,865	40° 1' 39"	84	44,476	53° 16' 2"	134	59,188	61° 28' 37"	184	68,308
19° 17' 24"	35	21,433	40° 21' 52"	85	44,849	53° 28' 16"	135	59,412	61° 36' 15"	185	68,449
19° 47' 46"	36	21,999	40° 41' 44"	86	45,217	53° 40' 24"	136	59,637	61° 44' 10"	186	68,596
20° 18' 16"	37	22,560	41° 1' 24"	87	45,582	53° 52' 24"	137	59,859	61° 51' 50"	187	68,738
20° 48' 23"	38	23,119	41° 20' 52"	88	45,942	54° 4' 17"	138	60,079	61° 59' 27"	188	68,879
21° 18' 21"	39	23,673	41° 40' 9"	89	46,298	54° 16' 4"	139	60,298	62° 7' —	189	69,018
21° 48' 5"	40	24,224	41° 59' 14"	90	46,652	54° 27' 1"	140	60,501	62° 14' 28"	190	69,157
22° 17' 37"	41	24,771	42° 18' 6"	91	47,003	54° 39' 18"	141	60,728	62° 21' 55"	191	69,295
22° 46' 57"	42	25,314	42° 36' 49"	92	47,349	54° 50' 45"	142	60,939	62° 29' 17"	192	69,431
23° 16' 4"	43	25,853	42° 55' 22"	93	47,692	55° 2' 6"	143	61,150	62° 36' 35"	193	69,566
23° 44' 58"	44	26,388	43° 13' 33"	94	48,031	55° 13' 20"	144	61,358	62° 43' 50"	194	69,700
24° 13' 40"	45	26,920	43° 31' 52"	95	48,368	55° 24' 28"	145	61,564	62° 51' 1"	195	69,835
24° 42' 9"	46	27,447	43° 49' 51"	96	48,701	55° 35' 30"	146	61,768	62° 58' 9"	196	69,966
25° 10' 25"	47	27,971	44° 7' 39"	97	49,031	55° 46' 25"	147	61,971	63° 5' 13"	197	70,096
25° 38' 28"	48	28,490	44° 25' 27"	98	49,357	55° 57' 15"	148	62,171	63° 12' 14"	198	70,226
26° 6' 17"	49	29,005	44° 42' 43"	99	49,680	56° 7' 56"	149	62,370	63° 19' 12"	199	70,356
26° 33' 54"	50	29,517	45°	100	50,000	56° 18' 36"	150	62,566	63° 26' 10"	200	70,483

Ejemplo. — A una pendiente de un 12 %, le corresponde un ángulo de 6° 50' 34" (sexagesimal), o 7,603^g (centesimal).



Símbolos gráficos	REPRESENTACIÓN NORMAL Y CONVENCIONAL DE LA SOLDADURA		TABLA 5, . 7
REPRESENTACION NORMAL	SIMBOLOS	REPRESENTACION CONVENCIONAL	APLICACION Y VALORES
Fig. 21.1 h e	Reforzado Plano	Fig. 21.2 h 1 h 1	Soldaduras sin chaflán para espesores de 1 a 4 mm; no precisa preparación para el cordón. a = e
Fig 22.1 α ε h e (Soldadura reforzada	s/norma Admitido	Fig 22.2 h α h_1 2 70° 2 h α h_1 2 70° 2 y cordón posterior)	Soldaduras en V, para espesores de 5 a 30 mm. α, de 60° a 80° h y h_1, de 1 a 3 mm. a = e
Fig 23.1 α ε h e (Soldaduras normales)	s/norma Admitido	Fig 23.2 h α h_1 2 70° 2 h α h_1 h α h_1	Soldaduras en X (doble V), para espesores de 15 a 40 mm. α = 60° a 80° h y h_1, de 1 a 3 mm. a = e
Fig 24.1 α ε h e (Soldaduras planas)	s/norma Admitido	Fig. 24.2 h α h_1 h α h_1 h α h_1 3 45° 3	Soldaduras en K, para espesores de 25 a 50 mm. α, de 30° a 50° h y h, de 1 a 3 mm. a = e
Fig. 25.1 α ε h e (Soldadura reforzada	s/norma Admitido	Fig. 25.2 h α h_1 4 30° 4 h α h_1 h α h_1 y plana)	Soldaduras en U, para espesores de 35 a 70 mm. α, de 30° a 50° h y h_1, de 1 a 4 mm. a = e
Fig. 26.1 α ε h e (Soldaduras normales)	s/norma Admitido	Fig. 26.2 h α h_1 h α h_1 h α h_1 h α h_1	Soldaduras en doble U, para espesores mayores de 50 mm. α, de 30° a 50° h y h, de 1 a 4 mm. a = e

Símbolo gráfico	*REPRESENTACIÓN NORMAL Y CONVENCIONAL DE LA SOLDADURA*		TABLA 5₇ . 7
REPRESENTACION NORMAL	**SIMBOLOS**	**REPRESENTACION CONVENCIONAL**	**APLICACIONES**
Fig 27.1	a ◺ (según norma) / a ◺ (Admitido)	Fig 27.2	Enlace solapado simple, con cordones continuos reforzados.
Fig. 28.1	a ◭ (s/n.) / a ◭ (Admitido)	Fig. 28.2	Enlace solapado compuesto (cubrejunta), con cordones continuos lisos.
Fig 29.1	◺ a x l/L (s/n.) / ◺ a l/L (Admitido)	Fig 29.2	Enlace solapado simple, con cordones discontinuos reforzados.
Fig. 30.1	a x l Z L (s/n.) / a l/L Z (Admitido)	Fig. 30.2	Enlace solapado compuesto (cubrejunta), con cordones discontinuos aligerados e intercalados; lleva junta interior plana en V.
Fig. 31.1	d O l/h (s/n.) / d n x l/h (Admitido)	Fig. 31.2	Enlace solapado simple, con cordón de n puntos, en dos hileras.
Fig. 32.1	h ⌒⌒ (s/n.)	Fig. 32.2	Recargue de gran superficie mediante cordones de soldadura.



Símbolo gráfico	REPRESENTACIÓN NORMAL Y CONVENCIONAL DE LA SOLDADURA		TABLA 5₁ . 7
REPRESENTACION NORMAL	SIMBOLOS	REPRESENTACION CONVENCIONAL	APLICACIONES
Cordón angular exterior Fig. 33.1	a (según norma) a (Admitido)	Fig. 33.2	Uniones mediante cordón angular, exterior e interior, ambos continuos rezorfados y visibles.
Fig. 34.1	a (s/n.) a (Admitido)	Fig. 34.2	Uniones mediante cordón angular, exterior e interior, ambos continuos y planos, pero no visibles.
Fig. 35.1	a x l/L (s/n.) a l/L (Admitido)	Fig. 35.2	Uniones mediante cordón angular exterior e interior (de canto) lisos y cordones angulares dobles discontinuos.
Fig 36.1	a (s/n.) a (Admitido) a x l Z L (s/n) a l/L Z (Admitido)	Fig 36.2	Uniones mediante cordones angulares dobles continuos y cordones angulares discontinuos y alternos.
Fig. 37.1	(s/n.) (Admitido)	Fig. 37.2 h α h₁	Unión angular mediante doble chaflán; cordones continuos.
Fig. 38.1	a (s/n.) a (Admitido)	Fig. 38.2	Unión angular en cruz, con cordones iguales y continuos.

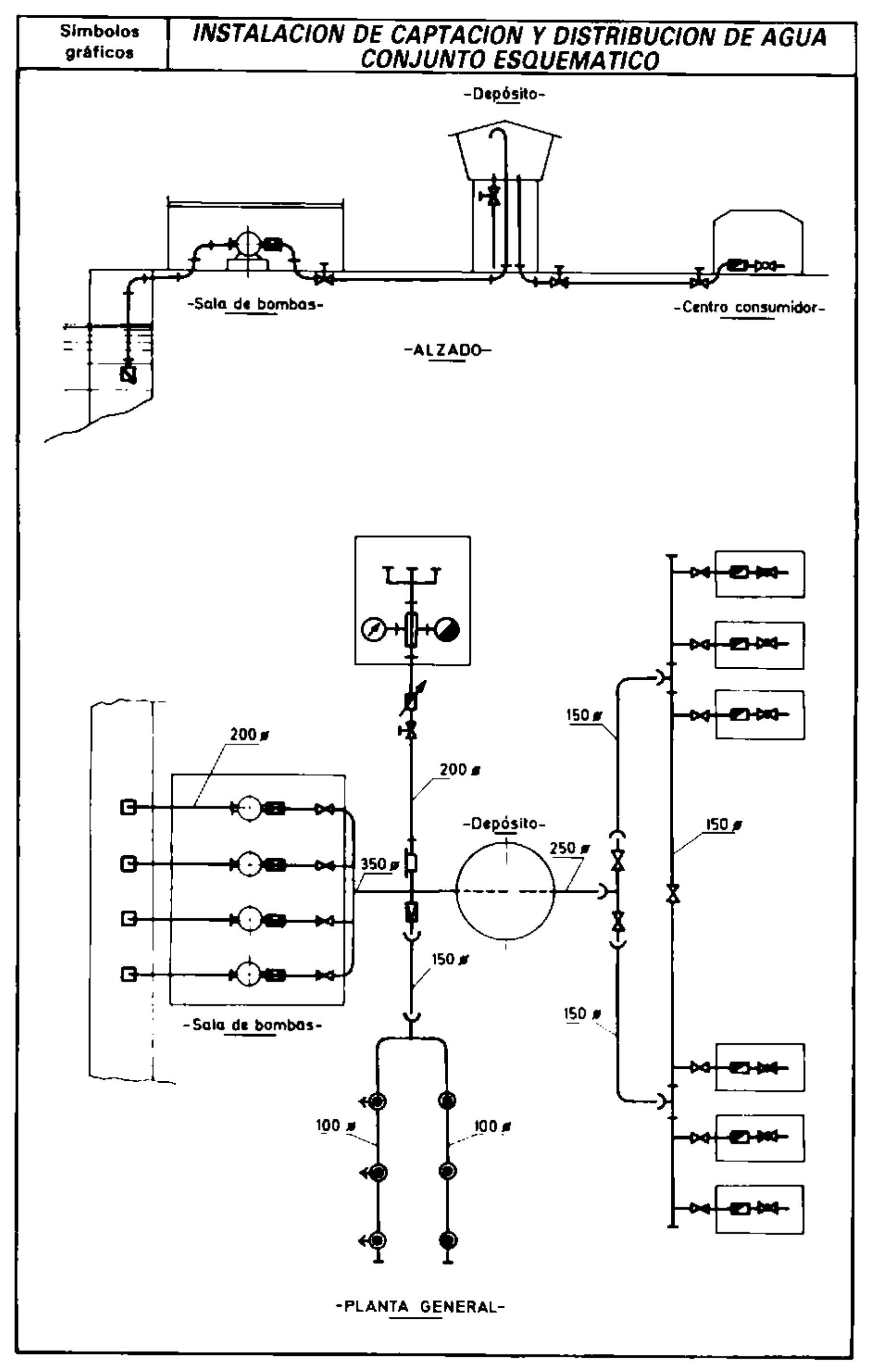
Símbolos gráficos	SÍMBOLOS CONVENCIONALES PARA TUBERÍAS	TABLA 6 . 7

TUBOS Y ELEMENTOS

	Manguito roscado y tubo liso con manguito		Brida y tubo liso con brida		Enchufe, tubo con enchufe y cordón y cordón
	Tubo revestido		Tubo con apoyo		Punto fijo
	Grifo con extremos roscados		Válvula de compuerta con bridas		Válvula (extremos de enchufe)
	Contrapeso		Resorte (de seguridad)		Flotador
	Grifo de tres pasos (bridas)		Válvula de seguridad (roscas)		Válvula angular con contrapeso (enchufes)
	Válvula de cierre automático)		Válvula de retención (roscas)		Válvula reductora de presión (bridas)
	Compuerta de estrangulación (bridas)		Compuerta de estrangulación (roscas)		Compuerta de retención (bridas)
	Colador sin válvula de pie (brida)		Colador con válvula de pie (rosca)		Colador con válvula de pie (brida)
	Contadores, sin y con registro		Termómetro		Manómetro Vacuómetro
	Separador de agua	A	Separador de aceite		Colector de condensación
	Dilatador en forma de lira (bridas)		Dilatadores, con prensa-estopas y de fuelle		Dilatador circular
	Silencioso		Sifón		Embudo de evacuación
	Toma de agua subterranea		Registro de limpieza		Toma de agua de superficie
	Toma de agua (boca de riego) subterranea		Toma de agua (boca de riego) de superficie	300	Depósito de agua cerrado, de capacidad limitada
	Tubo de calefacción liso		Tubo de aletas		Tubo colector de válvulas
CA	Calentador de alimentación		Radiador		Tubo con calefacción
	Ducha		Bañera	S	Sumidero

ACCESORIOS (TUBOS) DE FABRICACION NORMAL (EN SERIE)

	Manguito recto		Codo de 90°		Manguito con injerto
	Manguito en dos mitades (con injerto)		Curva, de 45°		Te (con bridas)
	Reducción (cono)		Curva, de 22° 30'		Cruz (con bridas)
	Tapones Enchufe y cordón		Curva, de 11° 15'		Codo con patín o apoyo



Símbolos gráficos
INSTALACION DE CAPTACION Y DISTRIBUCION DE AGUA
CONJUNTO ESQUEMATICO
-Depósito-
-Sala de bombas-
-Centro consumidor-
-ALZADO-
200 ø
200 ø
150 ø
350 ø
-Depósito-
250 ø
150 ø
150 ø
150 ø
-Sala de bombas-
100 ø
100 ø
-PLANTA GENERAL-

Símbolos gráficos	NATURALEZA DE LA CORRIENTE, SISTEMAS DE DISTRIBUCION, MODOS DE CONEXIÓN Y CANALIZACIÓN				TABLA 7.7
NATURALEZA DE LA CORRIENTE					
	Corriente continua		Corriente alterna en general, de baja frecuencia	1 ∼	Alterna monofásica
	Corriente alterna		Corriente alterna de frecuencia media	2 ∼	Alterna bifásica
	Corriente continua y alterna (universal)		Corriente alterna de alta frecuencia	3 ∼	Alterna trifásica
EXPRESION DE FRECUENCIA, VOLTAJE, SECCION Y MATERIAL					
∼ 50 Hz	Corriente alterna de 50 Hz (50 ciclos o hertz)	m ∼ f	Alterna de m fases y f frecuencia	110 V / 2 x 125 Al	Continua de 110 V, 2 conductores 125 mm² sección, aluminio
∼ 100÷600 kHz	Alterna de 100 a 600 kHz (kilohertz)	3N ∼ 50	Alterna trifásica con neutro, de 50 Hz	3∼ 50 3000 / 3 x 50 Cu	Alterna trif 50 Hz, 3000 V, 3 conduc 50 mm² sección de cobre
∼ 500 MHz	Alterna de 500 MHz (megahertz)	2N — 220V	Continua de dos conduct y neutro; 220 V (110 V entre cond. extremo y neutro	4 3N∼ 50 / 3 x 125 + 1 x 50	Alterna trif. con neutro, 50 Hz; 3 cond de 125 mm² y el neutro de 50 mm²
LINEAS O CONDUCTORES					
	Línea o conductor en general		Línea blindada o de conductor interior		Unifilar; un conductor
	Línea o conductor en proyecto		Dos conductores o haces (multifilar)		Unifilar, dos conductores
	Conductor flexible		Tres conductores o haces (multifilar)	n	Unifilar; tres conductores n conductores
TENDIDO DE LINEAS (EXPRESION EN CASO NECESARIO)					
	Línea aerea		Línea subterránea		Línea sumergida en el agua
LINEAS AEREAS					
	Sobre postes en general (sin especificación)		Postes de hormigón armado		Sobre doble poste
	Postes de madera		Postes de madera, cimentados en hormigón		Sobre doble poste en A
	Postes de acero		Anclaje de tracción		Sobre palomilla
	Postes de celosía, de acero		Poste con tornapunta		Sobre palomilla, con acometida
EMPALMES O CONEXIONES Y AGRUPACION DE CONDUCTORES					
	Empalme fijo		Cruce con conexión	3 3 3	Conexión fija a los 3 conductores (unifilar)
	Empalme desmontable		Cruce sin conexión (multifilar)		Conexión por fricción, no desmontable
	Conexión fija	4 4 2	Conexión fija a dos conductores (unifilar)		Conexión por fricción, desmontable
	Conexión desmontable		Conexión fija a dos conductores (multifilar)	1 2 3 4	Conexión por bornes
	Un conductor o un grupo o haz de conductores	4	Paso de multifilar a unifilar	3 2 5	Agrupación de dos grupos de conduct en uno
6 7 8	Incorporación de uno o varios conductores a un grupo o haz	6 7 5 6 5 6	Incorporación y salida de varios conductores en un grupo		Incorporación de conductores con expresión de sentido
CANALIZACION O CONDUCCION INTERIOR					
i	En tubos aislantes	si	En tubos blindados de acero	p	Empotrado, bajo revoco
fi	En tubos enlazados (engargolado o enchufe)	ba	En tubo flexible, de acero	k	En cables
s	En tubos de acero	b	Con envolvente incorporada (bajo plomo, plástico, etc)	g	Sobre aisladores de campana (r, de roldana)

Símbolos gráficos	TOMA, DISTRIBUCIÓN, UTILIZACIÓN Y MEDICIÓN DE CORRIENTE ELÉCTRICA				TABLA 7_2 . 7
	TOMAS DE CORRIENTE				
	Acometida (o línea general).		Cuadro de distribución		Cuadro de distribución blindado
	SENTIDO DE LA CONDUCCION				
	Línea procedente o dirigida hacia arriba		Conductora de energía hacia arriba		Conductora de energía desde arriba
	Línea procedente o dirigida hacia abajo		Conductora de energía hacia abajo		Conductora de energía desde abajo
	APARATOS DE SEGURIDAD				
	Fusible de intensidad		Descargador de sobretensión		Masa
	Fusible de tensión		Explosor (distancia explosiva)		Tierra
	APARATOS DE ALUMBRADO (LUCES)				
	Punto de luz en general		Punto de luz para alarma		Con obscurecimiento
	Punto de luz con interruptor		Reflector		Con luz de socorro
	Punto de luz con obscurecimiento		Tubo luminoso		Con luz para casos de alarma
	Punto de luz de socorro		Luz múltiple en general, con número de lámparas		Con circuitos separados, por ejemplo luz mixta
	APARATOS ACUSTICOS				
	Timbre en general		Zumbador		Pulsador
	Timbre a impulsos		Sirena		Pulsador con iluminación
	Timbre a motor		Bocina		Cuadro de llamadas
	APARATOS DE CONEXION				
	Interruptor mipolar		Conmutador en serie		Caja de enchufe, simple y doble
	Interruptor bipolar		Conmutador inversor		Caja de enchufe simple, con protección
	Interruptor tripolar		Conmutador en cruz		Caja de enchufe, de telecomunicación y de antena
	Conmutador de grupo		Dispositivo de arranque		Clavija en general (con conductor flexible).
	APARATOS CONSUMIDORES				
	Cocina eléctrica (de tres elementos)		Calentador de agua		Receptor de radio
	Cámara (armario frigorífico)		Aparato termoeléctrico (estufa)		Receptor de televisión
	Lavadora		Ventilador		Teléfono autorizado (oficialmente)
	APARATOS DIVERSOS				
1 kW	Motor de 1 kW		Reloj principal		Interruptor horario (como de luz de escalera).
220/6V	Transformador de baja potencia (de 220 / 6 V).		Reloj secundario		Dispositivo de disparo por sobrecarga (interrup. autom.)
V A	Aparatos indicadores (V voltímetro, A amperímetro)		Reloj de conexión	Wh	Aparato de medida; contador de amperios-hora

Símbolos gráficos	ÓRGANOS DE CONEXIÓN (Concuerda con DIN 40712 y 40713)				TABLA 7_3 . 7
	RESISTENCIAS, INDUCTANCIAS Y TRANSFORMADORES				
	Resistencia óhmica (símbolo general)		Resistencia con tomas		Resistencia aparente (ángulo de fase a voluntad)
	Resistencia inductiva (símbolo general)		Inductancia con tomas		Inductancia con núcleo de hierro
	Inductancia en general		Con núcleo de hierro		Transformador o transductor (represent. en general)
	Condensador o capacidad		Transformador o transductor (otra representación)		Con blindaje
	DISPOSITIVOS DE REGULACION				
	Regulable		Escalonada, por puntos		Variabilidad continua
	Divisor de tensión regulable		Automático, escalonado		Automática continua
	Divisor de tensión fijo		Resistencia óhmica, regulable escalonada		Resistencia óhmica, regulable continua
	DISPOSITIVOS ESPECIALES				
	Termopar o pila termoeléctrica		Célula fotoeléctrica		Elemento fotoeléctrico en general
	Acoplamiento accionado a mano		Descargador de sobretensión		Rectificador, válvula eléctrica en general
	DISPOSITIVOS DE CONTACTO				
	Contactos con recorrido prolongado		Contacto con soplo magnético		Contacto con unión fija y desmontable
	Clavijas, fija y móvil		Hembrilla fija		Tomacorriente con variación escalonada, continua por rozamiento
	Contacto de ruptura y en reposo		Contacto de trabajo		Contacto conmutador con interrupción (cambiador)
	Elemento de trabajo bipolar	1 2 3 4	Posiciones de contacto		Accionamiento manual Accionamiento a pedal
	DISPOSITIVOS DE ACCIONAMIENTO				
	Accionamiento mecánico	M	Accionamiento a motor		Accionamiento neumático
	Accionamiento magnético (2 representaciones)		Accionamiento horario		Accionamiento termoeléctrico
	CONTACTORES, RELES E INTERRUPTORES				
	Impulsor con retroceso automático		Impulsor electromecánico con arrollamiento activo		Impulsor con retraso magnético de caída
500	Impulsor de retroceso con indicación de resistencia óhmica		Impulsor electrotérmico		Impulsor con retraso de atracción magnética
	Impulsor con retraso mecánico (a la derecha)		Contactor con accionamiento electromecánico		Conmutador con accionamiento electromecánico
	Disparador de corriente de retroceso	I >	Disparador de sobreintensidad con retardo		Disparador de baja tensión con retardo
	APARATOS DE CONEXION				
	Brida seccionadora		Interruptor de ajuste accionado a mano		Interruptor de trinquete, accionamiento a mano, interruptor de protección
	Interruptor sin carga (representación en general)		Interruptor de carga (en general)		Interruptor de potencia (en general)
	Brida seccionadora bipolar, conmutable		Cortacircuitos tripolar		Interruptor de carga (tripolar)
	Interruptor automático		Interruptor de potencia (tripolar)		Interruptor de potencia en baño de aceite

Símbolos gráficos	ELEMENTOS DE MÁQUINAS ELECTRICAS Y CONEXIONES (Concuerda con UNE 20004 h2 y h3)	TABLA 7. . 7

DEVANADOS

	Representación preferida		Representación normal		Representación normal
	De conmutación o de compensación		Serie		De excitación en paralelo o independiente

MODO DE CONEXION DE LOS DEVANADOS

	Un devanado		Dos devanados separados		Tres devanados separados
	m devanados separados		Devanado bifásico con fases separadas		Trifásico con fases separados
	Devanado polifásico con m fases separadas		Devanado bifásico		Trifásico parcial, conexión en V (60°)
	Trifásico, conexión en T		Tetrafásico con neutro accesible		Trifásico en zigzag
	Trifásico en estrella		Trifásico en estrella con neutro accesible		Polifásico en estrella, de m fases
	Trifásico, conexión en triángulo		Trifásico en triángulo abierto		Polifásico, poligonal de m fases
	Hexafásico, en doble triángulo		Hexafásico, poligonal		Hexafásico en estrella

ESCOBILLAS

	Sobre anillo colector		Sobre anillo colector (otra representación)		Sobre colector de delgas (dos representaciones)

PILAS Y ACOMULADORES

	Elemento de pila o de acumulador		Otra representación		Batería de pilas o de acumuladores
	Batería con tomas		Batería con reductor simple		Batería de tensión variable

TRANSDUCTORES Y AMPLIFICADORES MAGNETICOS

	Devanado de transductor magnético		Núcleo magnético de transductor (también acoplamº magnético entre devanados)		Elemento de transductor magnético (en representación agrupada
	Transductor magnético		Amplificador magnético		Transductor magnético monofásico con acoplamiento en serie
	Transductor magnético monofásico con acoplamiento de los devanados de fuerza en paralelo		Transductor magnético con autoexcitación directa y con dos circuitos de control		Transductor magnético para corriente rectificada, con dos circuitos de control

INDUCTANCIAS, BOBINAS Y CONDENSADORES

	Inductancia (dos representaciones)		Inductancia con núcleo (ferromagnético si no se especifica		Inductancia con núcleo ferromagnético y con entrehierro
	Inductancia con tomas fijas		Inductancia con núcleo, de variación continua		Variómetro
	Bobina, bobina de choque, inductancia, reactancia inductiva		Condensador		Condensador (otra representación)

RESISTENCIAS

	Resistencias (sin especificación de reactividad)		Resistencia no reactiva (dos símbolos)		Impedancia

OTROS ELEMENTOS

	Toma de tierra sin ruido		Zona de descarga (también, alta tensión)		¡Atención! (a instrucciones de manejo)

Símbolos gráficos	MÁQUINAS Y TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS (Según UNE 20004 h3)	TABLA 7_5 . 7

MAQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA

		Motor, M Generador, G			Motor (o generador), con dos conductores y excitación serie			Motor (o generador), con 2 conduct y excitación en derivación
		Máquinas acopladas mecánicamente			Generador (o motor), con 2 conduc. y excitación independiente			Generador (o motor), con 2 conduct y excit compuesta con derivación corta

MAQUINAS DE CORRIENTE ALTERNA CON COLECTOR

		Motor, M Generador, G			Motor con colector, monofásico, de repulsión			Motor con colector, trifásico, serie
		Motor con colector, monofásico, serie			Motor con colector, monofásico, tipo "Deri"			Motor con colector trifásico, excitado en derivación con alimentación por el rotor (Schrage)

MAQUINAS SINCRONICAS

		Alternador, GS Motor, MS			Alternador (o motor), trifásico, con inducido en estrella			Alternador (o motor), trifásico, con 6 bornes de salida (dos variantes)
		Alternador (o motor), monofásico			Alternador (o motor), trifásico, con inducido en estrella y salida del neutro			

MAQUINAS DE INDUCCION

		Motor con rotor en cortocircuito, y con rotor bobinado			Motor monofásico con rotor en cortocircuito y bornes de salida para fase auxiliar			Motor trifásico con motor en cortocircuito, 6 bornes de salida del estator
		Motor monofásico de jaula de ardilla			Motor trifásico con rotor en cortocircuito	500 V 20 kW 50 Hz c/s	500 V 20 kW 50 Hz c/s	Motor con indicación de datos numéricos

CONMUTADORES

	Símbolo general			Conmutador trifásico con excitación en paralelo	Δ 1000 kW Hz 50 c/s 600 V		Conmutador trifásico con indicación de datos

TRANSFORMADORES

		Transformador con 2 devanados separados			Con tres devanados separados			Autotransformador
10000 V 250 kVA 50 Hz c/s 4 % 500 V		Monofásico con dos devanados separados (con indicaciones numéricas Tensión de cortocircuito 4 %)	60000 4000 kVA 50 Hz c/s 7,5 % 10000 V		Transformador trifásico con dos devanados separados, estrella-triángulo			Autotransformador monofásico
10000 V 250 kVA 50 Hz c/s 4 % 500 V								
		Autotransformador trifásico; conexión en estrella			Autotransformador trifásico; conexión en estrella			Autotransf. monofasico con regulación progresiva de la tensión

Símbolos gráficos	**_MÁQUINAS Y TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS (Concuerda con DIN 40714 y 40715)_**	TABLA 7_6 . 7

MAQUINAS DE CORRIENTE CONTINUA

Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción
	Arrollamiento de estator (2 representaciones)		Motor o generador, con excitación serie (3 representaciones)		Motor o generador con excitación independiente (3 representaciones).
	Doble arrollamiento (independientes)				
	Estator con arrollamiento de polos auxiliares		Motor o generador, en derivación (3 representaciones)		Motor o generador compound auto-excitado

MAQUINAS ASINCRONAS (DE CORRIENTE ALTERNA, CON COLECTOR)

Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción
M 1~	Motor monofásico con rotor en cortocircuito y fase auxiliar	1~	Motor de repulsión	M 3~	Motor trifásico, con rotor en cortocircuito
1~	Motor monofásico con excitación en serie	1~	Motor Deri	3~	Motor trifásico con rotor de anillos colectores
3~	Motor trifásico con excitación en serie	3~	Motor trifásico con excitación en serie, alimentado por el rotor	3~	Motor en derivación, alimentado por el estator

MAQUINAS SINCRONICAS

Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción
1~	Alternador (generador) o motor monofásico	3~	Alternador trifásico con conexión en triángulo	3~	Alternador trifásico en estrella con punto dirigido al exterior
3~	Alternador trifásico	3~	Alternador trifásico con conexión en estrella	G 3~	Alternador sincrónico con excitatriz montada

CONMUTADORES

Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción
M 3~	Motor trifásico generador de corriente continua	3~	Conmutador (o conmutatriz) trifásica		Conmutador hexafásico

RECTIFICADORES DE CORRIENTE

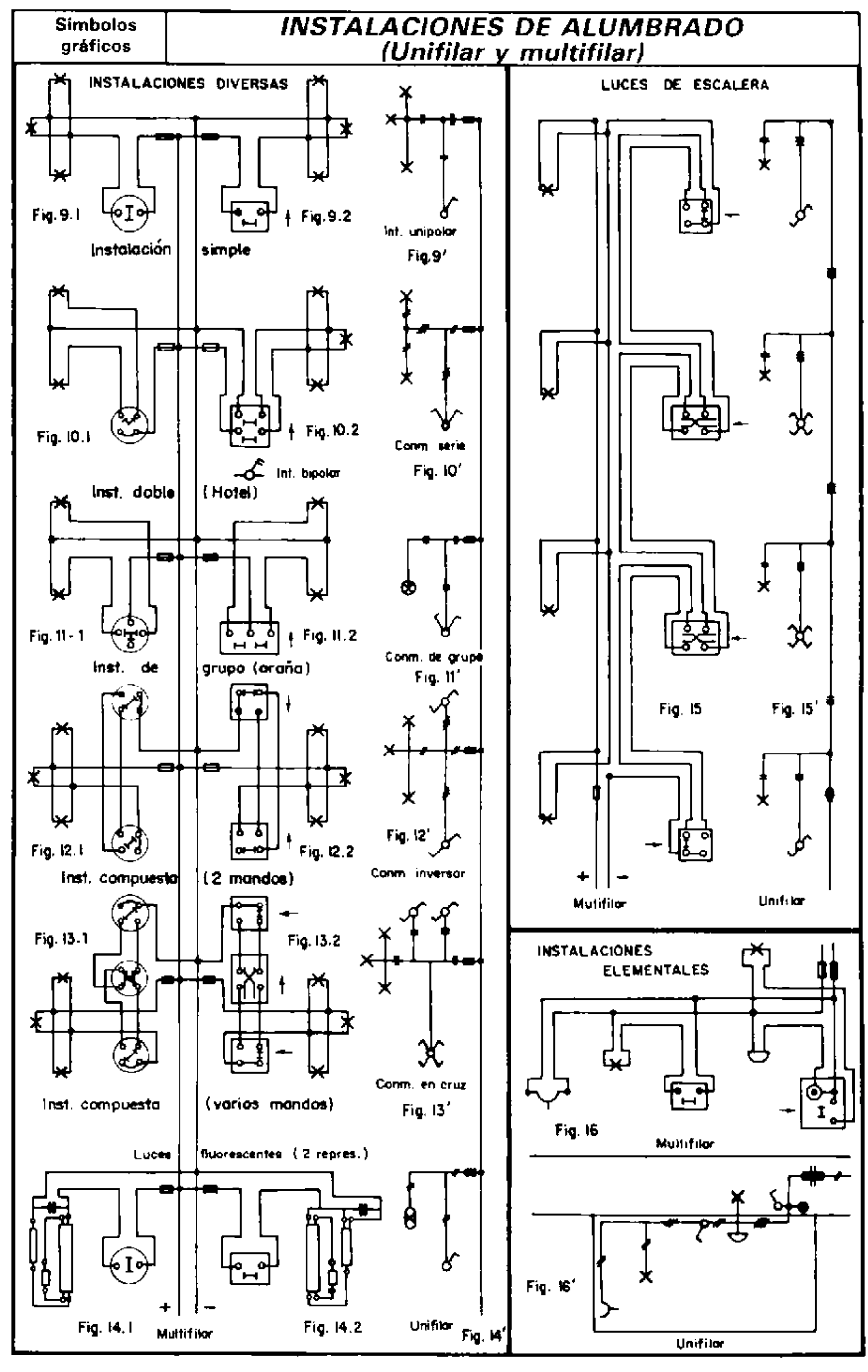
Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción
a b c	a Rectificador en general b Rectif. en seco c Rectificador de efluvios		Rectificador en seco de ondas completas (Conexión de Graetz)		Rectificador de vapor de mercurio

TRANSFORMADORES

Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción
	Bobina de reacción o arrollamiento de transformador (3 represent.)		Transformador con 2 arrollamientos o devanados (3 representaciones)		Transformador con 3 devanados independientes (separados)
	Autotransformador	6000 V, 1000 kWA, 50 ~/s, 400 V	Transf. monofásico, con indicación de valores (3 representac.)	15000 V, 100 kWA, 50, 400 V	Transformador trifásico 15000 / 400 V. 100 kWA 50 per/s
	Transf. de medida, para intensidad (representación arrollamiento primario).		Transformador de medida para intensidad con 2 núcleos		Transformador de medida de tensión, en general

TRANSDUCTORES

Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción	Símbolos	Descripción
	Reactancia de transductor con un arrollamiento (y con indicación del sentido)		Con mando por transflujo y regulador de tensión (salida de corriente alterna)		Para salida de corriente continua, con un circuito de mando


Símbolos gráficos
INSTALACIONES DE ALUMBRADO
(Unifilar y multifilar)
INSTALACIONES DIVERSAS
Fig. 9.1
Fig. 9.2
Instalación simple
Int. unipolar
Fig. 9'
Fig. 10.1
Fig. 10.2
Int. bipolar
Inst. doble (Hotel)
Conm serie
Fig. 10'
Fig. 11-1
Fig. 11.2
Inst. de grupo (araña)
Conm. de grupo
Fig. 11'
Fig. 12.1
Fig. 12.2
Inst. compuesta (2 mandos)
Fig. 12'
Conm inversor
Fig. 13.1
Fig. 13.2
Inst. compuesta (varios mandos)
Conm. en cruz
Fig. 13'
Luces fluorescentes (2 repres.)
+
−
Fig. 14.1
Multifilar
Fig. 14.2
Unifilar
Fig. 14'
LUCES DE ESCALERA
Fig. 15
Fig. 15'
+
−
Multifilar
Unifilar
INSTALACIONES ELEMENTALES
Fig. 16
Multifilar
Fig. 16'
Unifilar

Símbolos gráficos	ELEMENTOS UTILIZADOS EN ELECTRÓNICA	TABLA 8₁ . 7

PILAS Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD Y DE CONTACTO

	Pilas o acumuladores (generadores)		Fusible de intensidad (seguro)		Masa y tierra (descarga)
	Enchufe (jack) unipolar		Enchufe (jack) tripolar		Enchufe tripolar con un contacto de apertura
	Hembrilla con clavija		Punto de separacion con clavija de empalme		Hembrilla coaxial con clavija
	Contacto, en general		Contacto manual (por compresión)		Contacto manual (por tracción)
	Impulsor automatico (relé)		Impulsor electromecánico		Luz de señales (piloto)

CONDENSADORES

	Condensador, en general		Condensador regulable		Condensador variable
	Condensador electrolítico		Doble condensador electrolítico		Condensador electrolítico bipolar

RESISTENCIAS, BOBINAS Y TRANSFORMADORES

	Resistencia en general (2 representaciones)		Resistencia regulable		Potenciómetro
	Bobina (2 representaciones)		Bobina con núcleo de hierro		Bobina con núcleo e imán permanente regulable
	Transformador, en general		Transformador (otra representación)		Transformador con núcleo de hierro
	Transformador de impulsos (elevador o reductor de tensión)		Transformador en triángulo		Transformador (en estrella)

ANTENAS

	Antena en general (dos representaciones)		Antena de cuadro		Antena dipolo
	Antena emisora		Antena receptora		Antena receptora con radiogoniámetro

CABEZALES Y APARATOS DE TRANSMISION

	Cabezal magnético		Cabezal registrador (fonético)		Cabezal reproductor (de audición)
	Micrófono, en general		Auricular, en general		Altavoz (en general)
	Fonocaptor, en general		Fonoregistrador, en general		Teléfono

ELEMENTOS SEMICONDUCTORES

	Diodo rectificador en seco		Diodo limitador; diodo de estabilización		Doble diodo limitador
	Fotodiodo		Tiristor		Célula piezoeléctrica
	Transistor tipo p n p Transistor de puntas, tipo p		Transistor de unión, tipo n		Rectificador en seco (puente) (Conexión de Graetz)
	Transistor tipo n p n Transistor de puntas, tipo n		Transistor con efecto de campo, tipo p		

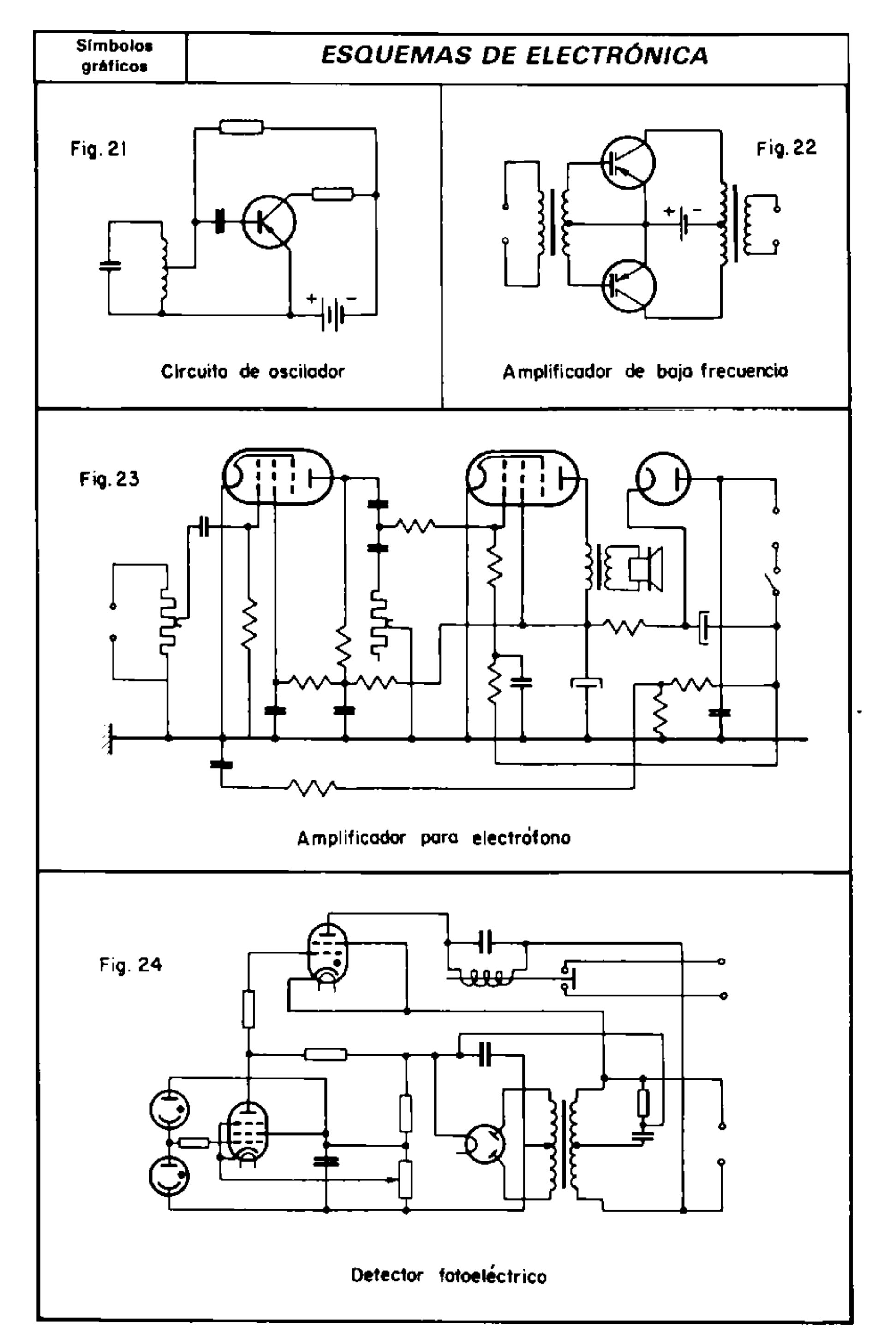
Símbolos gráficos	VÁLVULAS ELECTRÓNICAS	TABLA 8, . 7

ELEMENTOS DE LAS VALVULAS

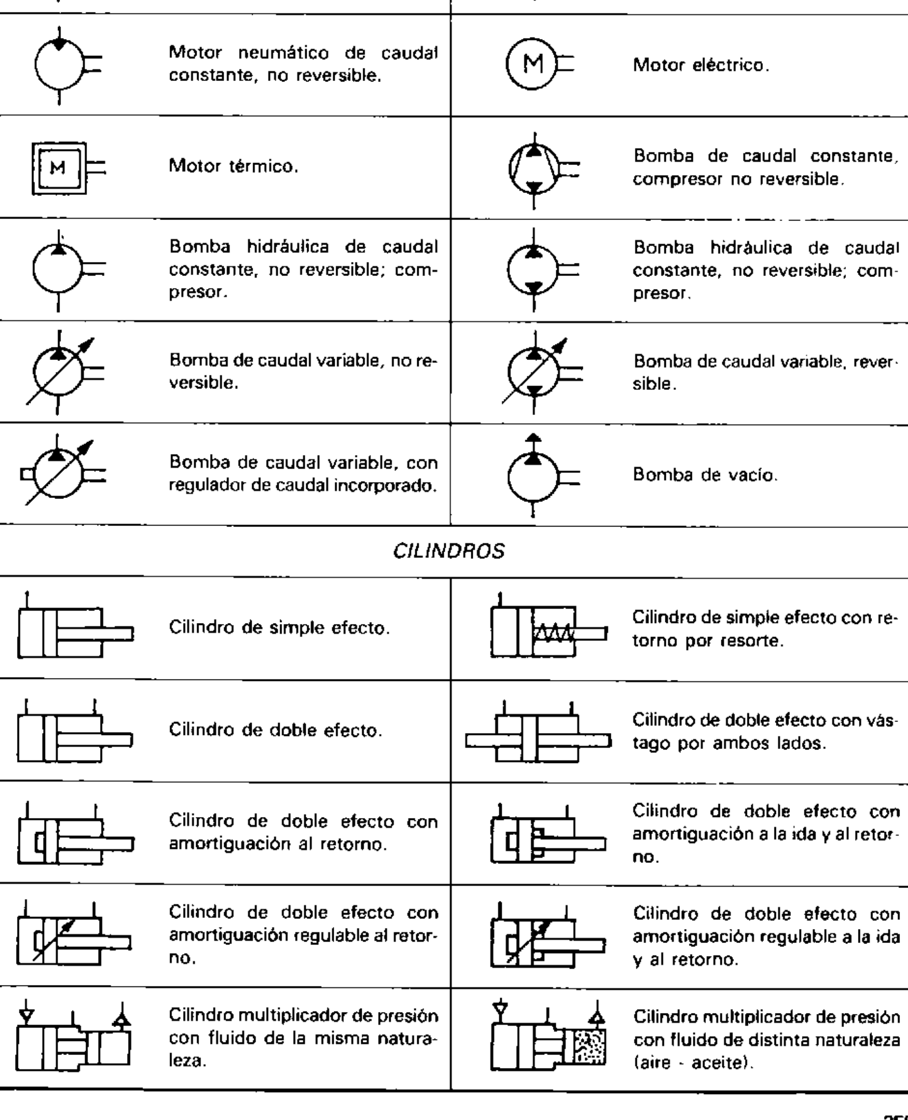
	Ampolla, en general		Ampolla en general (otra representación)		Ampolla con carga de gas (2 representaciones)
	Electrodo con corona		Electrodo sin corona		Electrodo de precipitación
	Dispositivo emisor de efluvios		Fotoelectrodo		Electrodo frío, ánodo deflector
	Anodo, en general		Cátodo en general (frío y caldeado)		Cátodo de caldeo directo y con caldeo indirecto
	Rejilla		Rejilla de pantalla Rejilla amortiguadora		Rejilla de cuantía

TIPOS DE VALVULAS

	Diodo de caldeo directo (Válvula rectificadora)		Diodo de caldeo indirecto		Diodo biplaca (caldeo directo)
	Diodo de caldeo directo, en atmósfera gaseosa		Diodo biplaca con electrodo auxiliar		Ignitrón (Rectificador de gran intensidad)
	Diodo de catodo frío (Estabilizador de tensión en atmósfera gaseosa)		Válvula estabilizadora		Célula fotoeléctrica de alto vacío Célula fotoeléctrica en atmósfera gaseosa
	Triodo de caldeo directo (Válvula amplificadora o emisora)		Triodo de caldeo indirecto		Doble triodo
	Tetrodo de caldeo directo (Válvula amplificadora o emisora)		Pentodo de caldeo indirecto		Pentodo - triodo (Caldeo indirecto)
	Tiratrón triodo (Válvula de descarga)		Tiratrón tetrodo		Tiratrón de cátodo frío (válvula relevadora)
		Tubo de rayos catódicos (dos representaciones)			


Símbolos gráficos
ESQUEMAS DE ELECTRÓNICA
Fig. 21
Circuito de oscilador
Fig. 22
Amplificador de baja frecuencia
Fig. 23
Amplificador para electrófono
Fig. 24
Detector fotoeléctrico

Símbolos gráficos	COMPONENTES NEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS MOTORES, BOMBAS Y CILINDROS	TABLA 9. . 7



	MOTORES Y BOMBAS		
	Motor hidráulico de caudal constante, no reversible.		Motor hidráulico de caudal constante, reversible.
	Motor de caudal variable, no reversible.		Motor de caudal variable, reversible.
	Motor neumático de caudal constante, no reversible.		Motor eléctrico.
	Motor térmico.		Bomba de caudal constante, compresor no reversible.
	Bomba hidráulica de caudal constante, no reversible; compresor.		Bomba hidráulica de caudal constante, no reversible; compresor.
	Bomba de caudal variable, no reversible.		Bomba de caudal variable, reversible.
	Bomba de caudal variable, con regulador de caudal incorporado.		Bomba de vacío.
	CILINDROS		
	Cilindro de simple efecto.		Cilindro de simple efecto con retorno por resorte.
	Cilindro de doble efecto.		Cilindro de doble efecto con vástago por ambos lados.
	Cilindro de doble efecto con amortiguación al retorno.		Cilindro de doble efecto con amortiguación a la ida y al retorno.
	Cilindro de doble efecto con amortiguación regulable al retorno.		Cilindro de doble efecto con amortiguación regulable a la ida y al retorno.
	Cilindro multiplicador de presión con fluido de la misma naturaleza.		Cilindro multiplicador de presión con fluido de distinta naturaleza (aire - aceite).

Símbolos gráficos	COMPONENTES NEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS CONDUCTOS Y CONTROLES	TABLA 9_2 . 7

CONDUCTOS DE CONEXIÓN Y TOMAS

	Conducto de trabajo. Conducto de gobierno (pilotaje). Conducto de purga o de descarga.		Conducto flexible.
	Unión de conductos.		Cruce de conductos.
	Purga de aire.		Iniciación de instalación a presión.
	Acoplamiento rápido simple. Acoplamiento rápido con conducto conectado.		Acoplamiento rápido sin válvulas antirretorno, con conexiones. Acoplamiento rápido con válvulas antirretorno, con conexiones.

ACCIONAMIENTOS, CONTROLES Y MANDOS

	Árbol sin inversión de sentido de rotación. Árbol con inversión de sentido de rotación.		Dispositivo de disparo (mantiene la posición en los puntos muertos impidiendo el paro).
	Dispositivo de mantenimiento de posición.		Dispositivo de enclavamiento.
	Mando manual (símbolo general). Mando por pulsador.		Mando manual por palanca. Mando por pedal.
	Mando mecánico por rodillo. Mando mecánico por rodillo abatible.		Mando mecánico por leva. Mando mecánico por resorte.
	Mando electromagnético por solenoide. Mando por motor.		Mando por fluido indirecto por presión. Mando por fluido indirecto por depresión.
	Mando por electroimán y distribuidor magnético.		Mando por electroimán y distribuidor magnético (igual que el de la izquierda).

Símbolos gráficos	COMPONENTES NEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS VÁLVULAS Y REGULADORES	TABLA 9, . 7

VÁLVULAS, REGULADORES Y REDUCTORES

Válvula (símbolo general).	Válvula directa normalmente abierta (pilotaje neumático). Válvula abierta normalmente cerrada (pilotaje neumático).
Válvula antirretorno no regulada. Válvula antirretorno regulada (tarada).	Válvula antirretorno pilotada al cierre. Válvula antirretorno pilotada a la apertura.
Selector de circuitos (válvula de conmutación).	Regulador de caudal en un solo sentido (válvula combinada de retención y de estrangulamiento).
Válvula de escape rápido.	Válvula de estrangulación (variable).
Regulador de caudal de dos vías (calibración fija).	Regulador de caudal de dos vías (calibración variable) con retorno al depósito.
Divisor de caudal.	Medidor de caudal.
Limitador de presión (válvula de seguridad).	Limitador de presión (válvula de seguridad), mando hidráulico.
Limitador proporcional de presión.	Reductor de presión pilotado.
Reductor diferencial de presión.	Reductor proporcional de presión.

DISTRIBUIDORES Y DEPÓSITOS

Distribuidor de dos posiciones y dos vías, accionado manualmente, con retorno por resorte.

Distribuidor de dos posiciones y tres vías, con mando hidráulico y neumático.

Distribuidor de tres posiciones y vías con mando hidráulico de las posiciones extremas y retorno a la posición central por resorte.

Distribuidor de dos posiciones y tres vías con representación de la conexión «transitoria» durante la fase de paso.

Servoválvula electrohidráulico de una etapa.

Distribuidor de dos posiciones.

Distribuidor de tres posiciones con posición intermedia de paso.

Distribuidor de tres posiciones indistintas.

Via interior.

Vías interiores paralelas.

Vias interiores cruzadas.

Vías interiores con dos orificios cerrados.

Vías interiores con conexión transversal.

Vías interiores con dos orificios cerrados y dos vias en by-pass.

Vías interiores cruzadas y un orificio cerrado.

Dos vías interiores en paralelo y un orificio cerrado.

Vías interiores con cuatro orificios cerrados.

Distribuidor de dos posiciones y cuatro vias con accionamiento neumático en los dos sentidos.

Distribuidor de dos posiciones y tres vias con accionamiento neumático en los dos sentidos.

Acumulador hidráulico.

Acumulador neumático.

Depósito con conducción por encima.

Depósito con conducción por debajo del nivel del liquido.

Depósito con conducción a presión.

Depósito con conducción en carga.

Símbolos gráficos	COMPONENTES NEUMÁTICOS E HIDRÁULICOS APARALLAJE DIVERSO	TABLA 9_5 . 7

VARIOS

Filtro.	Refrigerador.
Purgador con mando manual.	Filtro con purgador; mando manual.
Purgador con mando automático.	Filtro con purgador; mando automático.
Deshumidificador.	Lubricador.
Manómetro (medidor de presión).	Termómetro (indicador de temperatura).
Presostato.	Silenciador.
Grupo de acondicionamiento filtro-reductor, con indicador de presión y lubricador.	El mismo grupo de acondicionamiento representado esquemáticamente.
Junta rotativa de simple efecto.	Junta rotativa de doble efecto.

Grupo moto-bomba

Regulador de presión

Distribuidor

Cilindro

CIRCUITO HIDRAULICO

P

M

Símbolos gráficos	SÍMBOLOS GRÁFICOS EN LA TÉCNICA DEL VACÍO BOMBAS DE VACÍO Y TRAMPAS (BAFFLES)	TABLA 10, . 7

BOMBAS DE VACÍO

Bomba de vacío (tipo no especificado). (Las flechas pueden suprimirse cuando no es posible confusión).

Bomba volumétrica (tipo no especificado).

Bomba de vacío de paletas o de émbolo giratorio
Un circulo, una etapa
Dos círculos, varias etapas

Bomba con lastre de gas.

Un circulo, una etapa.
Dos círculos, varias etapas.

Bomba de vacío hidrorrotativa (de anillo hidráulico).
Un circulo, una etapa.
Dos círculos, varias etapas.

Bomba de vacio Roots.

Un circulo, una etapa.
Dos círculos, dos etapas.

Bomba de vacío de chorro de vapor.
En lugar de x puede representarse el símbolo de fluido utilizado: aceite = CH, mercurio = Hg.

Bomba de difusión de aceite o de mercurio.
En lugar de x puede representarse: CH = aceite, Hg = mercurio.

Bomba turbomolecular.
Los cinco trazos verticales significan que la bomba es de varias etapas.

Bomba de vacío de arrastre (tipo no especificado).
Las flechas pueden suprimirse cuando no es posible confusión.

Bomba de sorción (de absorción), que utiliza zeolitos o un tamiz molecular.

Bomba de sublimación.
El símbolo químico del sorbente debe representarse en lugar de la x.

Bomba de sublimación sobre paredes frías.
x Símbolo químico del sorbente.
Temperatura, a la izquierda.

Bomba de sublimación iónica.

Bomba criostática.

TRAMPAS (BAFFLES)

Trampa (tipo no especificado).
La temperatura se indicará en lugar de x.

Trampa refrigerada (por circulación de fluido).
La temperatura y la naturaleza del fluido pueden indicarse a la izquierda o derecha respectivamente.

Trampa de tipo depósito

Trampa del efecto Peltier

Trampa refrigerada por aire

Símbolos gráficos	**SÍMBOLOS GRÁFICOS EN LA TÉCNICA DEL VACÍO CONDENSADORES, APARATOS DE MEDIDA, CONDUCCIONES Y VÁLVULAS**	**TABLA 10, . 7**

CONDENSADORES

	Condensador (tipo no especificado). La temperatura del condensador se indica en lugar de la x.		Conductor de tipo depósito.

APARATOS DE MEDIDA DE LA PRESIÓN

	Manómetro (tipo no especificado).		Manómetro de presión parcial.
	Manómetro de ionización de cátodo caliente.		Manómetro de ionización de cátodo caliente para ultra-vacío.
	Manómetro de ionización para cátodo frío.		Manómetro de conductividad térmica.

Manómetro diferencial de columna líquida.	Manómetro McLead	Manómetro de diferencial de membrana.

CONDUCCIONES Y SUS UNIONES

	Conducto. La dirección del fujo puede indicarse por una flecha.		Unión. Un círculo negro de diámetro cinco veces el grosor del trazo.

Conductos con unión en cruz	Conductos con uniones	Cruce de conductos sin unión

	Encuadramientos de varios aparatos reunidos en un bloque. Los conductos pueden suprimirse mostrando así una combinación directa de los símbolos.		Conjunto calentable.

VÁLVULAS

	Válvula (tipo no especificado). (Símbolo general de las válvulas de paso).		Válvula de compuerta.
	Válvula de trampa.		Válvula de regulación precisa.
	Válvula de mando manual.		Válvula de mando a distancia.

Símbolos gráficos	*SÍMBOLOS GRÁFICOS EN LA TÉCNICA DEL VACÍO* *VÁLVULAS, CÁMARAS DE VACÍO Y EJEMPLO DE EMPLEO DE SÍMBOLOS*	TABLA 10₃ . 7

VÁLVULAS

Válvula de mando por cilindro (neumático o hidráulico)	Válvula de mando electromagnético	Válvula de mando con motor eléctrico.

CÁMARAS DE VACÍO

Cámara de vacío (tipo no especificado).	Campana de vacío.

EJEMPLO DE EMPLEO DE LOS SÍMBOLOS

Cámara de vacío

(Concuerda con la Norma UNE 1.097-83)

Símbolos gráficos	SIMBOLIZACIÓN DE INDICACIONES EN MÁQUINAS HERRAMIENTA SÍMBOLOS DE MOVIMIENTOS Y VELOCIDADES	TABLA 11, . 7

SÍMBOLOS DE MOVIMIENTOS Y VELOCIDADES (Concuerda con UNE 15.005-75)

Símbolo	Significado	Símbolo	Significado
	Sentido de movimiento rectilíneo continuo. Sentido de movimiento rectilíneo continuo doble. Sentido de movimiento rectilíneo intermitente.		Movimiento rectilíneo limitado. Movimiento rectilíneo alternativo limitado. Carrera doble. Movimiento rectilíneo alternativo limitado, barrera oscilante.
	Sentido de movimiento continuo de rotación. Rotación en dos sentidos.		Sentido de movimiento intermitente de rotación. Sentido de movimiento de rotación limitado.
	Movimiento de rotación alternativo limitado.		Movimiento de rotación alternativo. Carrera oscilante.
	Sentido de rotación del eje principal.	x m/m	Rotación de una vuelta. Número de vueltas por minuto (velocidad del eje principal).
1/x	Avance. Avance reducido.	x min/○ x mm/mm	Avance por vuelta. Avance por minuto.
x/1 1/1	Avance acelerado. Avance normal.		Sentido del avance (sin indicación de dirección). Avance longitudinal.
	Avance transversal.		Avance vertical.
	Desplazamiento rápido. Roscado.	+ —	Aumento de valor (velocidad por ejemplo). Disminución de valor (velocidad por ejemplo).
x m/min	Velocidad de corte de cepillado.	x m/min	Velocidad de corte de torneado.
xm/min	Velocidad de corte de taladrado.	xm/min	Velocidad de corte de fresado.
	Fresado en oposición.		Fresado en concordancia.

Símbolos gráficos	*SIMBOLIZACIÓN DE INDICACIONES EN MÁQUINAS HERRAMIENTA SÍMBOLOS DE ELEMENTOS Y DE MANIOBRA*	TABLA 11, . 7

SÍMBOLOS DE ELEMENTOS			
	Motor eléctrico.		Mesa o carro rectangular.
	Mesa o plato circular.		Eje principal de torno o eje.
	Eje de taladrar. Eje de fresar.		Eje porta-muela.
	Bomba (símbolo general).		Bomba de refrigeración.
	Bomba de engrase.		Bomba de transmisión hidráulica.
	Motor hidráulico.		Aparato copiador.
SÍMBOLOS DE MANIOBRA			
	Regulación sin escalones.		Regulable. (Se empleará únicamente sobre otro símbolo que represente el elemento a regular).
	Apretar, bloquear.		Aflojar, desbloquear.
	Frenar.		Aflojar el freno.
	Ciclo automático (semiautomático).		Accionamiento a mano.
	Conectar. (Símbolo de color verde colocado sobre el botón de mando).		Desconectar. (Símbolo de color rojo colocado sobre el botón de mando).
	Conectar y desconectar con el mismo botón.		Conectado durante el tiempo que el botón está presionado por el dedo.

Símbolos gráficos	SIMBOLIZACIÓN DE INDICACIONES EN MÁQUINAS HERRAMIENTA SÍMBOLOS DE MANIOBRA, DE SEGURIDAD Y DIVERSOS	TABLA 11, . 7

SÍMBOLOS DE MANIOBRA

	Embragar. Desembragar.		Botón interruptor de seguridad. (Grande y bombeado, enteramente rojo).
	Tuerca en dos piezas, cerrada.		Tuerca en dos piezas, abierta.
	Cambio de velocidad solamente con máquina parada.		Cambio de velocidades solamente con máquina en marcha.
	Aparato copiador puesto en posición.		Aparato copiador retirado.

SÍMBOLOS DE SEGURIDAD

	Seguridad por cizallado.		Alta tensión. (Flecha de color rojo, preferentemente; si se indica la tensión, se señalará debajo del símbolo).
	Atención. (Símbolo de color amarillo preferentemente).		Interruptor principal. (Flecha de color rojo preferentemente; puño del interruptor igualmente rojo).

SEÑALES DIVERSAS

	Líquido de corte.		Alumbrado de la máquina.
x	Peso. (El peso x seguido del símbolo de la unidad empleada).		Llenado.
	Nivel.		Vaciado.
	Engrase.		Soplado. Aspiración.

Símbolos gráficos	DIAGRAMAS CINEMÁTICOS MOVIMIENTO DE LOS MIEMBROS Y PARES CINEMÁTICOS		TABLA 12, . 7
	MOVIMIENTO DE LOS MIEMBROS DE LOS MECANISMOS		
	Sentido de la trayectoria (movimiento rectilíneo una recta; curvilíneo o de rotación, una curva).		Sentido de la trayectoria (orientación de la flecha).
	Parada instantánea en una posición intermedia (rectilínea o curvilínea).		Parada en una posición intermedia.
	Parada prolongada en posición extrema.		Movimiento inverso ejecutado parcialmente (rectilíneo y curvilíneo).
	Parada o fin de movimiento (rectilíneo, de rotación).		Movimiento en sentido único (rectilíneo y curvilíneo).
	Movimiento en sentido único, con parada instantánea (rectilíneo y curvilíneo).		Movimiento en sentido único, con parada prolongada (rectilíneo y de rotación).
	Movimiento oscilatorio (rectilíneo y de rotación).		Movimiento de sentido único, parcialmente inverso (rectilíneo y de rotación).
	Movimiento oscilatorio con parada prolongada en una posición extrema.		Movimiento oscilatorio con paradas prolongadas en posiciones extremas.
	Movimiento oscilatorio con parada prolongada en una posición intermedia.		Movimiento de sentido único parcialmente inverso con parada prolongada.
	Fin de movimiento en sentido único (rectilíneo).		(Curvilíneo o de rotación).
	PARES CINEMÁTICOS		
	Par cinemático con un grado de libertad. Par de rotación a) Para mecanismos planos b) Para mecanismos espaciales		Par helicoidal Unión de dos miembros que permite el movimiento helicoidal a paso constante de un miembro respecto del otro.
	Par prismático (movimiento rectilíneo de un miembro con relación a otro.		Par cilíndrico (unión de dos miembros con movimiento relativo de rotación y traslación).
	Par esférico con pivotamiento (permite movimiento de rotación alrededor de dos ejes concurrentes).		Par cinemático con tres grados de libertad (movimiento esférico relativo entre dos miembros).
	Par cinemático de contacto plano (movimiento relativo plano entre dos miembros).		Par cilíndrico-esférico (movimiento relativo entre un cilindro y una esfera).
	Par esfera-plano Unión de dos miembros constituida por una esfera y un plano, con movimiento relativo entre ambos. (Concuerda con la Norma UNE 1.099-83).		

Símbolos gráficos	*DIAGRAMAS CINEMÁTICOS MIEMBROS Y SUS ELEMENTOS, Y MECANISMOS ARTICULADOS*	TABLA 12, . 7

MIEMBROS Y SUS ELEMENTOS

Soporte Eje	Unión fija de los elementos del miembro.
Unión fija de los elementos del miembro con el eje.	Unión que permite la regulación de los elementos del miembro.

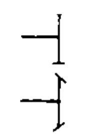
MECANISMOS ARTICULADOS Y SUS ELEMENTOS

El miembro forma parte de un par de rotación. a) en mecanismo plano b) en mecanismo espacial.	El miembro soporte forma parte de un par de rotación. a) en mecanismos planos b) en mecanismos espaciales
El miembro forma parte de un par prismático.	El miembro forma parte de un par cilíndrico.
El miembro forma parte de un par esférico (o rótula).	Guía de aislamiento (miembro que forma parte de un par prismático con un soporte).
Biela o miembro acoplador a) para mecanismos planos b) para mecanismos espaciales	
Manivela (o balancín) a) para mecanismos planos b) para mecanismos espaciales	Excéntrica (Miembro en forma de disco cuyo centro describe una trayectoria circular en relación con el par de tracción.
Miembro de unión de dos pares prismáticos.	Caso general.
Guía de deslizamiento.	Caso general (El miembro sirve de conexión entre un par de rotación y otro prismático).
Corredera o colisa (miembro ranurado).	Miembro rígido con tres pares cinemáticos (sirve de unión entre los tres pares cinemáticos).

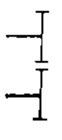
Símbolos gráficos	DIAGRAMAS CINEMÁTICOS MECANISMOS DE FRICCIÓN Y ENGRANAJES	TABLA 12_3 . 7

DIAGRAMAS CINEMÁTICOS
MECANISMOS DE FRICCIÓN Y ENGRANAJES

Mecanismos dentados y de fricción

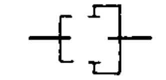

Ruedas dentadas


Ruedas de fricción

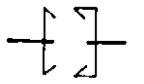

Engranaje recto

Engranaje cónico

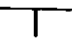
Mecanismos de fricción


De ruedas cilíndricas


De ruedas curvilíneas



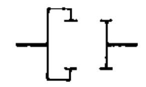
De ruedas cónicas

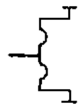


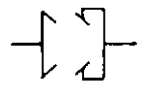
De ruedas planas (frontal)


De ruedas flexibles

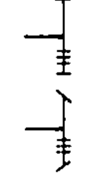
Mecanismos de engranaje


Ruedas cilíndricas

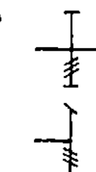

Rueda flexible


Ruedas cónicas

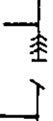
Designación del dentado


Ruedas cilíndricas

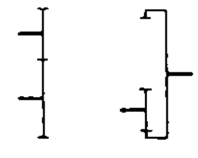
Dentado recto

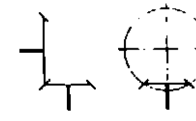

Dentado helicoidal

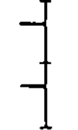
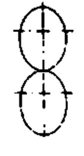
Ruedas cónicas


Dentado en espiral

Transmisiones por engranajes

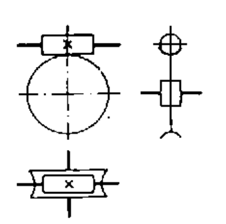

Cilíndrica con ruedas circulares


Cónica

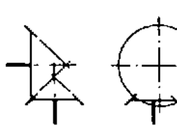


Cilíndrica con ruedas no circulares

Símbolos gráficos	*DIAGRAMAS CINEMÁTICOS* *MECANISMOS DE FRICCIÓN, DE ENGRANAJES Y DE LEVAS*	TABLA 12_4 . 7

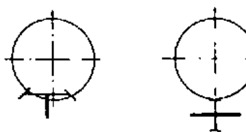
Transmisiones por engranajes



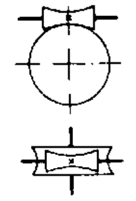
Sin-fin corona con tornillo cilíndrico



Hipoide (o hiperbólica)



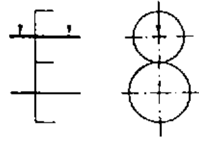
Hiperbólico con ruedas helicoidales



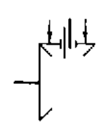
Sin-fin corona con tornillo y corona glóbicos



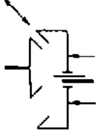
Transmisiones por fricción



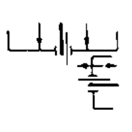
Con ruedas cilíndricas



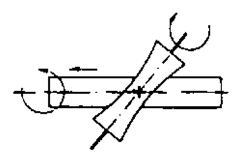
Ruedas cónicas



Ruedas cónicas regulables

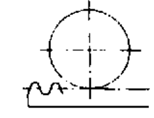


Rueda plana regulable

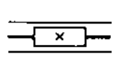


Con ruedas hiperboloides

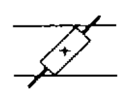
Transmisión por cremallera



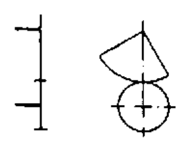
Designación general



Con rosca sin fin

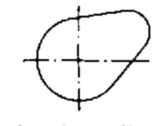


Con cremallera y sin fin

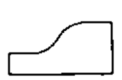


Transmisión (intermitente) con sector dentado

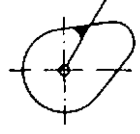
Levas



Leva plana de rotación



Leva plana de traslación



Unión fija entre leva y barra

Leva especial de rotación



Cilíndrica



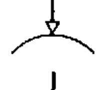
Cónica



Glóbica



Seguidor



Puntual

De rodillo



Circular (semiesférico)



Plano

Símbolos gráficos	***DIAGRAMAS CINEMÁTICOS MECANISMOS, ACOPLAMIENTOS, EMBRAGUES Y FRENOS***		TABLA 12_6 . 7
	Cruz de Malta. Símbolo general.		Acoplamiento por trinquete. a) con engrane exterior
	a) con engrane exterior		b) con engrane interior
	b) con engrane interior		c) de cremallera.
	Acoplamientos. — Símbolo general (con indicación de tipo).		Acoplamiento rígido (no admite desplazamiento relativo de los árboles).
	Acoplamiento compensador de dilatación (permite un desplazamiento relativo).		Acoplamiento elástico (provisto de un elemento elástico de unión).
	Embrague. — Acoplamiento provisto de elemento especial para garantizar el mando.		Embrague dentado. — El acoplamiento se efectuará en igualdad de velocidades de las dos partes (de un solo sentido).
	Embrague dentado. — El acoplamiento se efectúa para los dos sentidos de giro.		Embrague de fricción (asíncrono). El acoplamiento puede hacerse con diferencia de velocidades (de un sentido).
	Embrague de fricción (asíncrono). Acoplamiento en los dos sentidos de giro.		Embrague hidráulico. — Símbolo general.
	Embrague eléctrico.		Embrague automático. Símbolo general. — El embrague y desembrague se hacen automáticamente.
	Embrague de fricción centrífuga. — Unión por fricción bajo acción de fuerzas centrífugas.		Rueda libre. — Acoplamiento que comunica el movimiento en un solo sentio.
	Embrague de protección con supresión del movimiento por elemento destructible.		Embrague de protección con supresión del movimiento con elemento no destructible.
	Frenos. Símbolo general. (El tipo de superficie no se especifica.)		Si es necesario indicar el tipo, se indicará: M - mecánico; H - hidráulico N - neumático; E - eléctrico

COLORES Y SEÑALES DE SEGURIDAD

Colores de seguridad (Concuerda con la Norma UNE 1.115-85)

Los colores de seguridad, su significado o función y aplicación, se indican en el cuadro que sigue.

Color	*Significado o finalidad*	*Aplicación*
Rojo	Parada; prohibición	Señales de parada, dispositivos de urgencia, señales de prohibición; señales de materiales de prevención y lucha contra incendios.
Azul (en forma circular)	Obligación	Obligación de llevar un equipo de protección personal.
Amarillo	Atención; riesgo de peligro	Señalización de riesgos (incendio, explosión, radiación, toxicidad, etc.). Señalización de peldaños, techos bajos, obstáculos.
Verde	Situación de seguridad	Vias y salidas de socorro, duchas de socorro, puestos de socorro y de primeros auxilios.

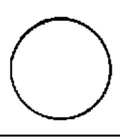
COLORES DE CONTRASTE

Color	*Contraste*	*Color*	*Contraste*	*Color*	*Contraste*
Rojo	Blanco	Amarillo	Negro	Blanco	Negro
Azul	Blanco	Verde	Blanco	Negro	Blanco

FORMA GEOMÉTRICA Y SIGNIFICADO GENERAL DE LOS SÍMBOLOS

Forma	*Significado*	*Forma*	*Significado*	*Forma*	*Significado*
	Prohibición u obligación		Advertencia		Información que incluye instrucciones

PRESENTACIÓN DE LAS SEÑALES DE SEGURIDAD

Color de fondo: blanco Borde y banda transversal: rojo Símbolo o texto: negro El símbolo o el texto se colocará en el centro de la señal sin cubrir la barra.		*Señal de prohibición*	El color rojo cubrirá un mínimo del 35% de la superficie total de la señal. Si no existe símbolo con determinada intención, se utilizará solamente la señal de prohibición.
Color de fondo: azul Símbolo o texto: blanco El símbolo o texto deben situarse en el centro de la señal.		*Señales obligatorias*	El color azul debe cubrir como mínimo el 50% de la superficie total. Si no existe símbolo con determinada intención, se utilizará la señal general de obligación.
Color de fondo: amarillo Borde: negro (en forma triangular) Símbolo o texto: negro El símbolo o texto deben situarse en el centro de la señal.		*Señales de advertencia*	El color amarillo debe cubrir un mínimo del 50% de la superficie total. En el caso de que no exista símbolo con determinada intención, se utilizará la señal general de advertencia.
Color de fondo: verde Símbolo o texto: blanco El símbolo o texto se situará en el centro de la señal, y la forma de ésta será en función del texto contenido.		*Señales de información relativas a condiciones de seguridad*	El color verde debe cubrir un mínimo del 50% de la superficie total. Si no existe símbolo con determinada intención, el mensaje se transmitirá por texto sobre la señal.

SEÑALES AUXILIARES

Color de fondo: blanco Texto: negro o Color de fondo: color de seguridad Texto: color de contraste			La señal debe tener una forma rectangular; sin símbolo gráfico. La señal auxiliar debe colocarse bajo la señal de seguridad o incluida en sus límites.

Símbolos gráficos	COLORES Y SEÑALES DE SEGURIDAD EJEMPLOS DE SEÑALES		TABLA 13_2 . 7
	Prohibido fumar. (Cigarrillo encendido).		Prohibido hacer fuego y llamas no protegidas; prohibido fumar. (Cerilla encendida).
	Prohibido apagar fuego con agua. (Agua vertida sobre fuego).	Nota. — Los colores de las señales que se exponen, son los correspondientes indicados en la página anterior. (Concuerda con UNE 1.115-85).	
	Obligación en general. (Signo de admiración).		Protección obligatoria de la vista. (Cabeza provista de gafas protectoras).
	Protección obligatoria de la cabeza. (Cabeza provista de casco).		Protección obligatoria del oído. (Cabeza provista de cascos auriculares).
	Precaución. (Signo de admiración).		Precaución, peligro de incendio. (Llama).
	Precaución, peligro de explosión. (Bomba explosiva).		Precaución, peligro de corrosión. (Líquido que cae gota a gota sobre una mano y sobre una barra).
	Precaución, peligro de intoxicación. (Calaveras y tibias cruzadas).		Precaución, peligro de sacudida eléctrico. (Flecha quebrada).
	Primeros auxilios. (Cruz griega).		Indicación general de dirección hacia... (Flecha de dirección).

SECCIÓN OCTAVA

ESTADOS SUPERFICIALES, TOLERANCIAS, AJUSTES

Estados superficiales	**ESTADOS SUPERFICIALES CALIDAD DE SUPERFICIE**

CLASE DE SUPERFICIE

En el proyecto de un cuerpo o pieza que ha de servir para un conjunto mecánico, además de su forma y dimensiones se estudiará:

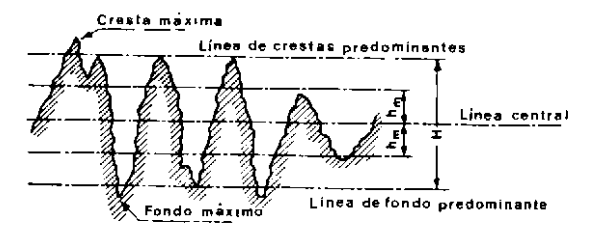
La clase de superficie o estado superficial conveniente para la pieza.
Las tolerancias de medida para su fabricación.
Los encajes o ajustes entre piezas.

El estado superficial de las piezas varía según la función que han de realizar o de su situación externa, que a fines comerciales ha de tener; se considerarán las piezas en bruto, que son aquéllas que se han de utilizar tal como se obtienen después de su proceso de fabricación (fundidas, forjadas, etc., limpias o rebabadas), y las piezas mecanizadas, en las que se consigue un determinado grado de calidad superficial mejorado, como consecuencia de un proceso de trabajo en máquinas mediante al arranque de virutas.

El arranque de virutas da lugar a una superficie un tanto ondulada, con falta de paralelismo, y más o menos rugosa.

La unidad de rugosidad es la micra o micrón (1 μ = 0,000001 m = 0,001 mm), y la micropulgada en los paises anglosajones (1 μ in = 0,000001 pulgadas); su valor expresado por H es la altura media de las crestas predominantes, y por h_m igual a la media aritmética de las crestas sobre la línea central.

La relación entre estas medidas, es $\frac{h_m}{H} = 0{,}17$, o bien $\frac{H}{h_m} = 5{,}93$



La expresión de las calidades superficiales se manifiesta en los dibujos mediante signos o símbolos, como figuran en la tabla que sigue.

Estados superficiales	**APLICACIÓN DE ESTADOS SUPERFICIALES**	TABLA 1 . 8

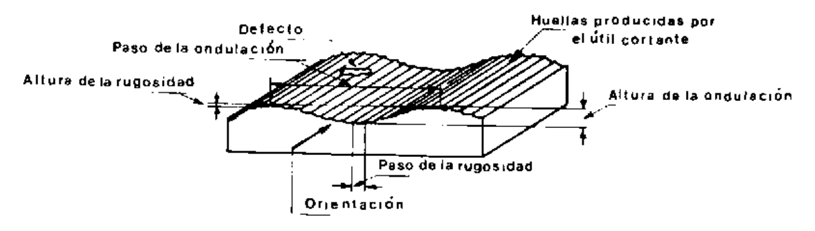
Clase de superficie	*Símbolo*	*Rugosidad μ*	*Calidad de superficie*	*Aplicaciones*
Superrefinado	∇∇∇∇	0,04 0,06	Especial	Superficies de medición, de los calibres de deslizamiento altamente fatigados, ajustes de precisión no desmontables.
		0,1 0,16	Máxima	
Refinado. – Las estrías no son visibles a simple vista	∇∇∇	0,25 0,4	Muy buena	Superficies de deslizamiento muy fatigadas, ajustes de precisión desmontables
		0,6 1 1,6	Buena	Piezas fatigadas por flexión y torsión; ajustes de deslizamiento y presión
Afinado. – Las estrías son visibles pero no perceptibles al tacto	∇∇	2,5 4 6 10	Media	Ajustes de reposo sin transmisión de fuerzas, ajustes ligeros de presión de acero; superficies de deslizamiento poco fatigados, superficies sin mecanizar de piezas prensadas de precisión.
Desbastado. – Estrías visibles y perceptibles al tacto	∇	25	Regular	Superficies desbastadas, superficies sin mecanizar de piezas prensadas y forja de precisión, fundición a presión
Limpio. También preparado para desbastado	~	63	Baja	Cáscara de fundición colada en arena; piezas estampadas y de forja libre
Sin rebabas			Muy baja	Piezas fundidas o forjadas

TOLERANCIAS DE RUGOSIDAD

Los datos especificados en la hoja anterior son imprecisos para definir los valores de la rugosidad, ondulación, configuración, etc. del estado superficial de una pieza, por lo que se han establecido normas, en las que figuran un conjunto de disposicciones y simbolos relativos a estos estados superficiales.

La tolerancia de la rugosidad superficial debe ser menor que la tolerancia longitudinal.

La rugosidad, medida en micrones o micropulgadas, se expresa por medio de los números de la clase de rugosidad o bien por las cantidades que expresan su valor (micras o micrones) de acuerdo con la tabla que sigue.



VALORES DE LA RUGOSIDAD MEDIA

Valor de la rugosidad media R_a		*Clase de rugosidad*	*Valores complementarios de R_a*	
μ en micrones	*μ en pulgadas*		*μ en micrones*	*μ en pulgadas*
50	2000	12	20	800
25	1000	11	15	600
12,5	500	10	10	400
6,3	250	9	8	320
3,2	125	8	4	160
1,6	63	7	2	80
0,8	32	6	1	40
0,4	16	5	0,63	25
0,2	8	4	0,50	20
0,1	4	3	0,32	13
0,05	2	2	0,25	10
0,025	1	1	0,15	6

La longitud de muestra o de evaluación para determinar la rugosidad, está normalizada, figurando sus valores en la tabla que sigue (cuando no se especifica el valor de la longitud de nuestra, se aplicará el de 0,8 milímetros).

LONGITUD NORMALIZADA DE MUESTRA DE RUGOSIDAD

Milímetros	*Pulgadas*	*Milímetros*	*Pulgadas*
0,08	0,003	2,5	0,1
0,25	0,010	8,0	0,3
0,80	0,030	25,0	1,0

El espacio de la ondulación es el existente entre picos adyacentes del perfil medio dentro de la longitud de nuestras; las series preferentes de los valores máximos de la altura de la ondulación, figuran en la tabla que se expone a continuación.

SERIES PREFERENTES DE VALORES MÁXIMOS DE ALTURA DE LA ONDULACION

Milímetros	Pulgadas	Milímetros	Pulgadas	Milímetros	Pulgadas
0,0005	0,00002	0,008	0,0003	0,12	0,005
0,0008	0,00003	0,012	0,0005	0,20	0,008
0,0012	0,00005	0,020	0,0008	0,25	0,010
0,0020	0,00008	0,025	0,0010	0,38	0,015
0,0025	0,00010	0,050	0,0020	0,50	0,020
0,0050	0,00020	0,080	0,0030	0,80	0,030

En la tabla 3·8 se exponen valores de la rugosidad superficial que se obtienen por procesos normales de fabricación

Estados Superficiales	PROCESOS NORMALES DE FABRICACIÓN												TABLA 3 . 8
Clase de trabajo	*Poco esmerado*			*Esmerado*			*Fino*			*Refinado*			
Clase de rugosidad	*12*	*11*	*10*	*9*	*8*	*7*	*6*	*5*	*4*	*3*	*2*	*1*	*0,5*
Símbolo													
Rugosidad en micrones	*50*	*25*	*12,5*	*6,3*	*3,2*	*1,6*	*0,80*	*0,40*	*0,20*	*0,10*	*0,05*	*0,025*	*0,012*
Rugosidad en micropulgadas	*2000*	*1000*	*500*	*250*	*125*	*63*	*32*	*16*	*8*	*4*	*2*	*1*	*0,5*
Oxicorte													
Aserrado													
Cepillado, limado													
Taladrado													
Fresado													
Brochado													
Escariado													
Mandrinado, torneado													
Rectificado cilíndrico													
Pulido cilíndrico													
Rectificado													
Alisado													
Bruñido													
Lapeado													
Superacabado													
Fundición en arena													
Fundición en coquilla													
Fundición a presión													
Forjado													
Extruido													
Trefilado en frío													

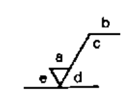
Las rugosidades superficiales expuestas, son obtenidas por procesos normales de fabricación.

Estados Superficiales	***RUGOSIDAD SUPERFICIAL SÍMBOLOS***

Símbolos para expresar la tolerancia de rugosidad

Símbolo	*Significado*
√	Símbolo base. — No expresa nada por sí mismo.
a ▽√	Símbolo de mecanizado con arranque de viruta. – La a representa la rugosidad expresada por su valor o por la clase de rugosidad.
○√	Símbolo de superficie terminada, sin arranque de viruta. La rugosidad a se obtendrá por el exceso de fabricación (por ejemplo, por fundición inyectada).
√‾‾	Símbolo para expresar una particularidad, por ejemplo, que la tolerancia de rugosidad a se ha de obtener por fresado.

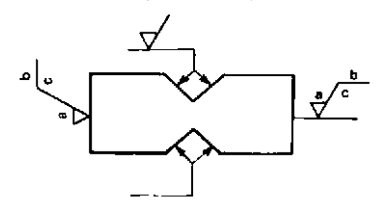
Disposición de las especificaciones

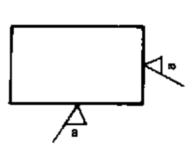


- *a)* Representa el valor numérico o la clase de la rugosidad (micrómetros).
- *b)* Especifica el proceso de fabricación, tratamiento, etc.
- *c)* La longitud normalizada (base) de muestra de rugosidad.
- *d)* La dirección de las estrías del mecanizado.
- *e)* La sobremedida para el mecanizado.

Indicaciones en los dibujos

Normalmente, tanto los símbolos como las inscripciones deben orientarse de forma que puedan ser leídos desde la base o de la derecha del dibujo; puede disponerse otra orientación.





Textura superficial (configuración)

La configuración o textura superficial de una superficie mecanizada, consecuencia de su proceso de trabajo, se especifica en los dibujos mediante símbolos que se añaden a los que indican otras especificaciones. En la Tabla que sigue se muestran los símbolos utilizados para designar la configuración de las estrías de mecanizado.

SÍMBOLOS PARA DIRECCIÓN DE LAS ESTRÍAS — TABLA 4 . 8

Símbolo	*Significado*	
=	Paralelo al plano de proyección de la vista sobre la que se aplica el símbolo.	Dirección de las estrías
⊥	Perpendicular al plano de proyección de la vista sobre la que se aplica el símbolo.	Dirección de las estrías
X	Cruzadas en direcciones oblicuas con relación al plano de proyección de la vista sobre la que se aplica el símbolo.	Dirección de las estrías
M	Multidireccional.	
C	Aproximadamente circulares con relación al centro de la superficie a la que se aplica el símbolo.	
R	Aproximadamente radiales con respecto a la superficie a la que se aplica el símbolo.	
P	Especial, no direccional ni protuberante.	

Tolerancias de forma y posición	**TOLERANCIAS DE FORMA Y POSICIÓN SÍMBOLOS E INDICACIONES**

Características de tolerancia

Las tolerancias de forma y posición solamente se especifican cuando son esenciales para asegurar la aptitud de las piezas para su finalidad, asegurando el funcionamiento y la intercambiabilidad, a cuyo efecto se establece la simbolización y la indicación de tolerancias de forma y posición.

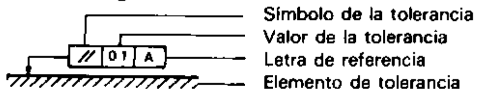
Las superficies reales de la pieza acabada pueden diferir de la forma geométrica propuesta, a condición de que se hallen dentro de las tolerancias de dimensiones.

TOLERANCIAS DE FORMA Y POSICIÓN.—SÍMBOLOS — TABLA 5 . 8

Características objeto de tolerancia		*Símbolo*	*Características objeto de tolerancia*		*Símbolo*
Forma de elementos aislados	Rectitud	—	Orientación de elementos asociados	Paralelismo	//
	Planicidad	▱		Perpendicularidad ortogonal	⊥
	Redondez	○		Inclinación	∠
	Cilindricidad	/○/	Posición de elementos asociados	Posición	○
	Forma de una línea cualquiera	⌒		Concentricidad o coaxialidad	◎
	Forma de una superficie cualquiera	⌓		Simetría	⌯
			Oscilación radial o axial		↗

Indicaciones en los dibujos

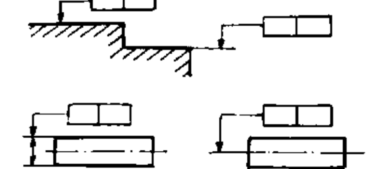
Las indicaciones en un rectángulo dividido en dos o tres cuadros.



El rectángulo de referencia se une:

Al contorno del elemento o a una prolongación del contorno cuando se refiere a la línea o a la propia superficie.

Sobre la línea de cota o sobre el eje, cuando la tolerancia se refiere al eje o plano medio de todos los elementos comunes a este eje o plano medio.

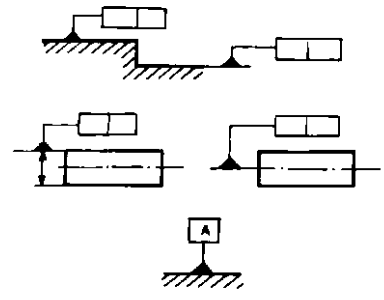


Los elementos de referencia se unen al rectángulo por una línea que termina en un triángulo lleno, cuya base se apoya como sigue:

Sobre el elemento de referencia o sobre su prolongación, pero no la línea de cota.

Sobre la proyección de la línea de cota cuando el elemento de referencia es el eje o plano medio de la pieza, o sobre el eje o plano medio de todos los elementos comunes a este eje o plano medio.

Si el rectángulo de tolerancia no puede unirse de un modo claro y simple al elemento de referencia, se utiliza una letra mayúscula.



TOLERANCIAS DE FORMA Y POSICIÓN EJEMPLOS DE APLICACIÓN (1.º)

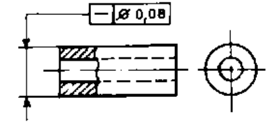
Definiciones detalladas de tolerancias

Si la precisión geométrica de un elemento está definida por algún tipo de tolerancia, en algunos casos quedarán controlados otros errores al mismo tiempo. Hay tipos de tolerancia que no controlan otros errores, como el paralelismo no queda definido por la rectitud.

Ejemplos aclaratorios:

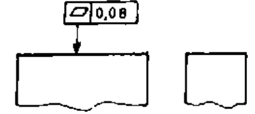
Tolerancia de rectitud de una línea

El eje del cilindro cuya cota está unida al rectángulo de tolerancias debe quedar dentro de una zona cilíndrica de 0,08 mm de diámetro.



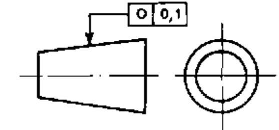
Tolerancia de planicidad

La superficie debe estar comprendida entre dos planos paralelos separados entre sí 0,08 mm.



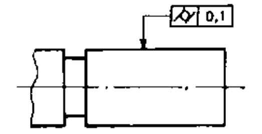
Tolerancia de redondez

La circunferencia de cualquier sección ortogonal debe quedar dentro de una corona circular de 0,1 mm de anchura.



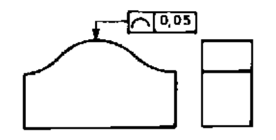
Tolerancia de cilindricidad

La superficie considerada debe estar comprendida entre dos cilindros coaxiales cuyos radios diferencian entre sí 0,1 mm.



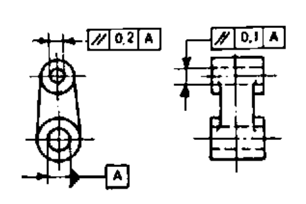
Tolerancia de forma de una línea cualquiera

En cada sección paralela al plano de proyección el perfil considerado debe estar comprendido entre dos líneas envolventes de círculos de 0,05 mm de diámetro, cuyos centros están situados en una línea con el perfil geométrico correcto.



Tolerancia de paralelismo

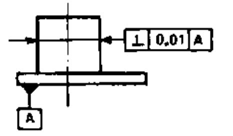
El eje superior debe estar comprendido en el interior de un paralelepípedo de 0,2 mm en dirección horizontal de 0,1 mm en dirección vertical paralelo al eje de referencia.



TOLERANCIAS DE FORMA Y POSICIÓN EJEMPLOS DE APLICACIÓN (2.°)

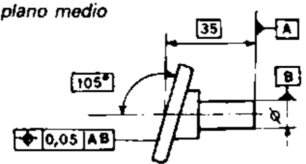
Tolerancia de perpendicularidad de una línea respecto a un plano de referencia.

El eje del cilindro, cuya cota va unida al cuadro de tolerancia, debe estar comprendido en una zona cilíndrica de 0,01 mm de diámetro perpendicular a la superficie A (plano de referencia).



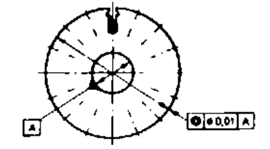
Tolerancia de posición de una superficie plano o un plano medio

La superficie inclinada debe estar comprendida entre dos planos paralelos, separados entre sí 0,05 mm y dispuestos simétricamente respecto a la posición teórica especificada del plano considerado respecto al plano de referencia A y al eje del cilindro de referencia B.



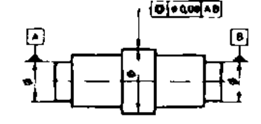
Tolerancia de concentricidad de un punto

El centro del circulo al cual está unido el rectángulo de tolerancia, debe estar comprendido en un círculo de 0,01 mm de diámetro, concéntrico con el centro de la circunferencia de referencia A.



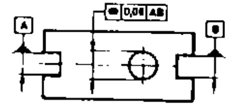
Tolerancia de coaxilidad

El eje del cilindro cuya cota está unida al rectángulo de referencia, debe quedar comprendido en una zona cilíndrica de 0,08 mm de diámetro, coaxal con el eje de ferencia AB.



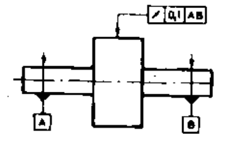
Tolerancia de simetría de un plano medio

El eje del agujero debe quedar comprendido entre dos planos paralelos separados entre el 0,08 mm y dispuestos simétricamente respecto al plano medio de las dos ranuras A y B.



Tolerancia de oscilación radial o axial

La oscilación radial no debe ser mayor de 0,1 mm en cualquier plano en que se mida durante una revolución completa sobre el eje común de las superficies A y B.



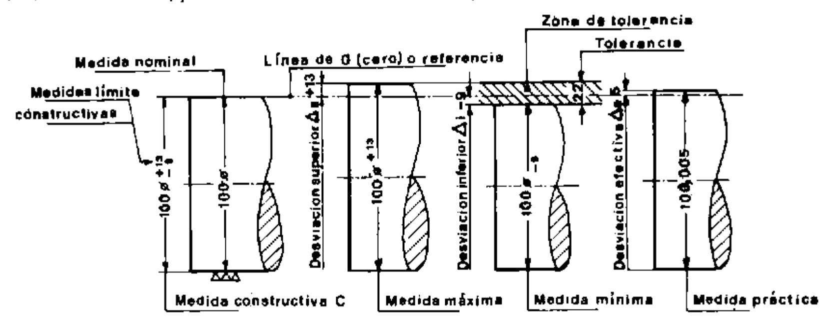
Nota. — Más especificaciones y ejemplos pueden verse en la Norma UNE 1 121-75.

TOLERANCIAS DE MEDIDA

Medidas y tolerancias

Medida nominal es la que se emplea para identificar a una pieza; medida constructiva es la nominal con expresión de las tolerancias, siendo éstas las que señalan los valores máximos y mínimos que la dimensión puede alcanzar, para que la pieza construida con dimensión práctica comprendida entre dichos valores, sirva para el fin propuesto.

Las tolerancias se expresan en micras, 1 μ = 0,001 mm, representando su máximo la desviación superior de la medida constructiva, y su valor mínimo la desviación inferior, ambos valores con relación a la medida constructiva.



La unidad de tolerancia tiene por valor:

$$i = 0{,}45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0{,}001 \cdot D$$

obteniéndose i en micras, representando D la medida constructiva en milímetros, siendo esta unidad variable, según el valor de D.

Para cada dimensión se ha establecido 18 calidades o series de tolerancia fundamentales, correspondiendo a cada serie un número de tolerancias, como se especifica en la Tabla que sigue:

Tolerancias de medida — **ZONAS DE TOLERANCIA.** – *Valores en micras (1 μ = 0,001 mm)* — **TABLA 6 · 8**

N.º de calidad	Serie de tolerancias fundamentales	Unidades de tolerancia i	De 1,6 a 3	Más de 3 a 6	Más de 6 a 10	Más de 10 a 18	Más de 18 a 30	Más de 30 a 50	Más de 50 a 80	Más de 80 a 120	Más de 120 a 180	Más de 180 a 250
1	IT – 1	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2	2	3	4	5
2	IT – 2	1,6	2	2	2	2	2	3	3	4	5	7
3	IT – 3	2,5	3	3	3	3	4	4	5	6	8	10
4	IT – 4	4	4	4	4	5	6	7	8	10	12	14
5	IT – 5	6,4	5	5	6	8	9	11	13	15	18	20
6	IT – 6	10	7	8	9	11	13	16	19	22	25	29
7	IT – 7	16	9	12	15	18	21	25	30	35	40	46
8	IT – 8	25	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72
9	IT – 9	40	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115
10	IT – 10	64	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185
11	IT – 11	100	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290
12	IT – 12	160	90	120	150	180	210	250	300	350	400	460
13	IT – 13	250	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720
14	IT – 14	400	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150
15	IT – 15	640	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850
16	IT – 16	1000	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900
17	IT – 17	1600	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600
18	IT – 18	2500	1400	1800	2200	2700	3300	3900	4600	5400	6300	7200

Con fines constructivos o de fabricación, se aplican las series, generalmente, del modo siguiente:

Serie IT-1 a IT-4, para la fabricación de calibres.
Serie IT-5, para la fabricación de mecánica de máxima calidad.
Series IT-6, IT-7, para la fabricación de mecánica de precisión.
Series IT-8, IT-9, para la fabricación de mecánica esmerada.
Series IT-10, IT-11, para la fabricación de mecánica poco esmerada.

Las series IT-12 a IT-18 se utilizan en la fabricación basta (laminados, prensados, forjados, etc.).

La consignación de la tolerancia puede ser numeral o simplificada; en la consignación numeral después de la medida nominal se expresan las tolerancias, desviación máxima y mínima, y en la consignación abreviada las desviaciones están expresadas por medio de letras, mayúsculas para los agujeros o medidas interiores y minúsculas para los ejes o medidas exteriores, pudiendo verse valores parciales en las Tablas $7_{1\text{-}2}$. 8 y $8_{1\text{-}2}$. 8 respectivamente.

Tolerancias de medida	ZONAS DE TOLERANCIA RECOMENDADAS AGUJERO ÚNICO	TABLA 7_1 · 8

DESVIACIONES DEL AGUJERO EN MICRAS

Tolerancia		Diámetros nominales en mm.									
Serie	*Consignación*	*De 1 a 3*	*Más de 3 a 6*	*Más de 6 a 10*	*Más de 10 a 18*	*Más de 18 a 30*	*Más de 30 a 50*	*Más de 50 a 80*	*Más de 80 a 120*	*Más de 120 a 180*	*Más de 180 a 250*
IT-6	G 6	+ 3 + 10	+ 4 + 12	+ 5 + 14	+ 6 + 17	+ 7 + 20	+ 9 + 25	+ 10 + 29	+ 12 + 34	+ 14 + 39	+ 15 + 44
	H 6	0 + 7	0 + 8	0 + 9	0 + 11	0 + 13	0 + 16	0 + 19	0 + 22	0 + 25	0 + 29
	J 6	− 4 + 3	− 4 + 4	− 4 + 5	− 5 + 6	− 5 + 8	− 6 + 10	− 6 + 13	− 6 − 16	− 7 + 18	− 7 + 22
	K 6			− 7 + 2	− 9 + 2	− 11 + 2	− 13 + 3	− 15 + 4	− 18 + 4	− 21 + 4	− 24 + 5
	M 6	− 7 0	− 9 − 1	− 12 − 3	− 15 − 4	− 17 − 4	− 20 − 4	− 24 − 5	− 28 − 6	− 33 − 8	− 37 8
	N 6	− 11 − 4	− 13 − 5	− 16 − 7	− 20 − 9	− 24 − 11	− 28 − 12	− 33 − 14	− 38 − 16	− 45 − 20	− 51 − 22
IT - 7	E 7	+ 14 + 23	+ 20 + 32	+ 25 + 40	+ 32 + 50	+ 40 + 61	+ 50 + 75	+ 60 + 90	+ 72 + 107	+ 85 + 125	+ 100 + 146
	F 7	+ 7 + 16	+ 10 + 22	+ 13 + 28	+ 16 + 34	+ 20 + 41	+ 25 + 50	+ 30 + 60	+ 36 + 71	+ 43 + 83	+ 50 + 96
	G 7	+ 3 + 12	+ 4 + 16	+ 5 + 20	+ 6 + 24	+ 7 + 28	+ 9 + 34	+ 10 + 40	+ 12 + 47	+ 14 + 54	+ 15 + 61
	H 7	0 + 9	0 + 12	0 + 15	0 + 18	0 + 21	0 + 25	0 + 30	0 + 35	0 + 40	0 + 46
	J 7	− 6 + 3	− 7 + 5	− 7 + 8	− 8 + 10	− 9 + 12	− 11 + 14	− 12 + 18	− 13 + 22	− 14 + 26	− 16 + 30
	K 7			10 + 5	− 12 + 6	− 15 + 6	− 18 + 7	− 21 + 9	− 25 + 10	− 28 + 12	− 33 + 13
	M 7	− 9 0	− 12 0	− 15 0	− 18 0	− 21 0	− 25 0	− 30 0	− 35 0	− 40 0	− 46 0
	N 7	− 13 − 4	− 16 − 4	− 19 − 4	− 23 − 5	− 28 − 7	− 33 − 8	− 39 − 9	− 45 − 10	− 52 − 12	− 60 − 14
	P 7	− 16 − 7	− 20 − 8	− 24 − 9	− 29 − 11	− 35 − 14	− 42 − 17	− 51 − 21	− 59 − 24	− 68 − 28	− 79 − 33

Tolerancias de medida	ZONAS DE TOLERANCIA RECOMENDADAS AGUJERO ÚNICO	TABLA 7.8

DESVIACIONES DEL AGUJERO EN MICRAS

Tolerancia		Diámetros nominales en mm.									
Serie	*Consignación*	*De 1 a 3*	*Más de 3 a 6*	*Más de 6 a 10*	*Más de 10 a 18*	*Más de 18 a 30*	*Más de 30 a 50*	*Más de 50 a 80*	*Más de 80 a 120*	*Más de 120 a 180*	*Más de 180 a 250*
IT 8	D 8	+ 20 + 34	+ 30 + 48	+ 40 + 62	+ 50 + 77	+ 65 + 98	+ 80 + 119	+ 100 + 146	+ 120 + 174	+ 145 + 208	+ 170 + 242
	E 8	+ 14 + 28	+ 20 + 38	+ 25 + 47	+ 32 + 59	+ 40 + 73	+ 50 + 89	+ 60 + 106	+ 72 + 126	+ 85 + 148	+ 100 + 172
	F 8	+ 7 + 21	+ 10 + 28	+ 13 + 35	+ 16 + 43	+ 20 + 53	+ 25 + 64	+ 30 + 76	+ 36 + 90	+ 43 + 106	+ 50 + 122
	H 8	0 + 14	0 + 18	0 + 22	0 + 27	0 + 33	0 + 39	0 + 46	0 + 54	0 + 63	0 + 72
	J 8	− 7 + 7	− 9 + 9	− 10 + 12	− 12 + 15	− 13 + 20	− 15 + 24	− 18 + 28	− 20 + 34	− 22 + 41	− 25 + 47
	K 8			− 16 + 6	− 19 + 8	− 23 + 10	− 27 + 12	− 32 + 14	− 38 + 16	− 43 + 20	− 50 + 22
	M 8			− 21 + 1	− 25 + 2	− 29 + 4	− 34 + 5	− 41 + 5	− 48 + 6	− 55 + 8	− 63 + 9
	N 8	− 15 − 1	− 20 − 2	− 25 − 3	− 30 − 3	− 36 − 3	− 42 − 3	− 50 − 4	− 58 − 4	− 67 − 4	− 77 − 5
IT - 9	D 9	+ 20 + 45	+ 30 + 60	+ 40 + 76	+ 50 + 93	+ 65 + 117	+ 80 + 142	+ 100 + 174	+ 120 + 207	+ 145 + 245	+ 170 + 285
	E 9	+ 14 + 39	+ 20 + 50	+ 25 + 61	+ 32 + 75	+ 40 + 92	+ 50 + 112	+ 60 + 134	+ 72 + 159	+ 85 + 185	+ 100 + 215
	H 9	0 + 25	0 + 30	0 + 36	0 + 43	0 + 52	0 + 62	0 + 74	0 + 87	0 + 100	0 + 115
	J 9	− 13 + 12	− 15 + 15	− 18 + 18	− 21 + 22	− 26 + 26	− 31 + 31	− 37 + 37	− 44 + 43	− 50 + 50	− 58 + 57
IT - 10	D 10	+ 20 + 60	+ 30 + 78	+ 40 + 98	+ 50 + 120	+ 65 + 149	+ 80 + 180	+ 100 + 220	+ 120 + 260	+ 145 + 305	+ 170 + 355
	H 10	0 + 40	0 + 48	0 + 58	0 + 70	0 + 84	0 + 100	0 + 120	0 + 140	0 + 160	0 + 185
	J 10	− 20 + 20	− 24 + 24	− 29 + 29	− 35 + 35	− 42 + 42	− 50 + 50	− 60 + 60	− 70 + 70	− 80 + 80	− 93 + 92
IT - 11	D 11	+ 20 + 80	+ 30 + 100	+ 40 + 130	+ 50 + 160	+ 65 + 195	+ 80 + 240	+ 100 + 290	+ 120 + 340	+ 145 + 395	+ 170 + 460
	H 11	0 + 60	0 + 75	0 + 90	0 + 110	0 + 130	0 + 160	0 + 190	0 + 220	0 + 250	0 + 290
	J 11	− 30 + 30	− 38 + 37	− 45 + 45	− 55 + 55	− 65 + 65	− 80 + 80	− 95 + 95	− 110 + 110	− 125 + 125	− 145 + 145

Tolerancias de medida	ZONAS DE TOLERANCIA RECOMENDADAS AGUJERO ÚNICO	TABLA 8 . 8

DESVIACIONES DEL EJE EN MICRAS

Tolerancia		Diámetros nominales, mm.									
Serie	*Consignación*	*De 1 a 3*	*Más de 3 a 6*	*Más de 6 a 10*	*Más de 10 a 18*	*Más de 18 a 30*	*Más de 30 a 50*	*Más de 50 a 80*	*Más de 80 a 120*	*Más de 120 a 180*	*Más de 180 a 250*
IT - 5	g 5	- 3	- 4	- 5	- 6	- 7	- 9	- 10	- 12	- 14	15
		8	- 9	11	- 14	16	- 20	- 23	- 27	- 32	35
	h 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		- 5	- 5	- 6	- 8	- 9	- 11	- 13	- 15	- 18	20
	j 5	+ 4	+ 4	+ 4	+ 5	+ 5	+ 6	+ 6	+ 6	+ 7	+ 7
		- 1	- 1	- 2	- 3	- 4	- 5	- 7	- 9	- 11	13
	k 5			+ 7	+ 9	+ 11	+ 13	+ 15	+ 18	+ 21	+ 24
				+ 1	+ 1	+ 2	+ 2	+ 2	+ 3	+ 3	+ 4
	m 5	+ 7	+ 9	+ 12	+ 15	+ 17	+ 20	+ 24	+ 28	+ 33	+ 37
		+ 2	+ 4	+ 6	+ 7	+ 8	+ 9	+ 11	+ 13	+ 15	+ 17
	n 5	+ 11	+ 13	+ 16	+ 20	+ 24	+ 28	+ 33	+ 38	+ 45	+ 51
		+ 6	+ 8	+ 10	+ 12	+ 15	+ 17	+ 20	+ 23	+ 27	+ 31
IT - 6	g 6	3	- 4	5	- 6	- 7	- 9	- 10	12	- 14	- 15
		10	- 12	14	- 17	- 20	- 25	- 29	34	- 39	- 44
	h 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		- 7	- 8	- 9	- 11	- 13	- 16	- 19	- 22	- 25	29
	j 6	+ 6	+ 7	+ 7	+ 8	+ 9	+ 11	+ 12	+ 13	+ 14	+ 16
		- 1	- 1	- 2	- 3	- 4	- 5	- 7	- 9	- 11	- 13
	k 6			+ 10	+ 12	+ 15	+ 18	+ 21	+ 25	+ 28	+ 33
				+ 1	+ 1	+ 2	+ 2	+ 2	+ 3	+ 3	+ 4
	m 6	+ 9	+ 12	+ 15	+ 18	+ 21	+ 25	+ 30	+ 35	+ 40	+ 46
		+ 2	+ 4	+ 6	+ 7	+ 8	+ 9	+ 11	+ 13	+ 15	+ 17
	n 6	+ 13	+ 16	+ 19	+ 23	+ 28	+ 33	+ 39	+ 45	+ 52	+ 60
		+ 6	+ 8	+ 10	+ 12	+ 15	+ 17	+ 20	+ 23	+ 27	+ 31
	p 6	+ 16	+ 20	+ 24	+ 29	+ 35	+ 42	+ 51	+ 59	+ 68	+ 79
		+ 9	+ 12	+ 15	+ 18	+ 22	+ 26	+ 32	+ 37	+ 43	+ 50
IT - 7	e 7	- 14	- 20	- 25	- 32	- 40	- 50	- 60	- 72	- 85	- 100
		- 23	- 32	- 40	- 50	- 61	- 75	- 90	- 107	- 125	- 146
	f 7	- 7	- 10	- 13	- 16	- 20	- 25	- 30	- 36	- 43	- 50
		- 16	- 22	- 28	- 34	41	- 50	- 60	- 71	- 83	96
	h 7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		9	- 12	15	- 18	- 21	- 25	- 30	- 35	- 40	- 46
	j 7	+ 7	+ 9	+ 10	+ 12	+ 13	+ 15	+ 18	+ 20	+ 22	+ 25
		- 2	- 3	- 5	- 6	- 8	- 10	- 12	- 15	- 18	- 21
	k 7			+ 16	+ 19	+ 23	+ 27	+ 32	+ 38	+ 43	+ 50
				+ 1	+ 1	+ 2	+ 2	+ 2	+ 3	+ 3	+ 4
	m 7			+ 21	+ 25	+ 29	+ 34	+ 41	+ 48	+ 55	+ 63
				+ 6	+ 7	+ 8	+ 9	+ 11	+ 13	+ 15	+ 17
	n 7	+ 15	+ 20	+ 25	+ 30	+ 36	+ 42	+ 50	+ 58	+ 67	+ 77
		+ 6	+ 8	+ 10	+ 12	+ 15	+ 17	+ 20	+ 23	+ 27	+ 31

Tolerancias de medida	ZONAS DE TOLERANCIA RECOMENDADAS EJE ÚNICO	TABLA 8 . 8

DESVIACIONES DEL EJE EN MICRAS

Tolerancia		Diámetros nominales en mm.									
Serie	*Consignación*	*De 1 a 3*	*Más de 3 a 6*	*Más de 6 a 10*	*Más de 10 a 18*	*Más de 18 a 30*	*Más de 30 a 50*	*Más de 50 a 80*	*Más de 80 a 120*	*Más de 120 a 180*	*Más de 180 a 250*
IT - 8	d 8	− 20 − 34	− 30 − 48	− 40 62	− 50 77	− 65 98	− 80 119	− 100 146	− 120 − 174	− 145 208	− 170 242
	e 8	− 14 − 28	− 20 − 38	− 25 − 47	− 32 − 59	− 40 − 73	− 50 89	− 60 − 106	− 72 126	− 85 148	− 100 − 172
	f 8	− 7 21	− 10 − 28	− 13 − 35	− 16 − 43	− 20 − 53	− 25 − 54	− 30 − 76	− 36 − 90	43 − 106	− 50 − 122
	h 8	0 − 14	0 18	0 22	0 − 27	0 33	0 − 39	0 − 48	0 − 54	0 − 63	0 − 72
	j 8	+ 7 − 7	+ 9 − 9	+ 11 − 11	+ 14 − 13	+ 17 − 16	+ 20 − 19	+ 23 − 23	+ 27 − 27	+ 32 − 31	+ 36 − 36
	k 8	+ 14 0	+ 18 0	+ 22 0	+ 27 0	+ 33 0	+ 39 0	+ 46 0	+ 54 0	+ 63 0	+ 72 0
IT - 9	d 9	− 20 − 45	− 30 − 60	− 40 − 75	− 50 − 93	− 65 − 117	− 80 − 142	− 100 − 174	− 120 − 207	− 145 − 243	− 170 − 285
	e 9	− 14 − 39	− 20 50	− 25 − 61	− 32 − 75	− 40 − 92	− 50 − 112	− 60 − 134	− 72 159	− 85 − 185	− 100 − 215
	h 9	0 − 25	0 − 30	0 − 36	0 − 43	0 − 52	0 − 62	0 − 74	0 − 87	0 − 100	0 − 115
	j 9	+ 13 − 12	+ 15 − 15	+ 18 − 18	+ 22 − 21	+ 26 − 26	+ 31 − 31	+ 37 − 37	+ 44 − 43	+ 50 − 50	+ 58 57
	k 9	+ 25 0	+ 30 0	+ 36 0	+ 43 0	+ 52 0	+ 62 0	+ 74 0	+ 87 0	+ 100 0	+ 115 0
IT - 10	d 10	− 20 60	− 30 − 78	− 40 − 98	− 50 − 120	− 65 − 149	− 80 180	− 100 − 220	− 120 − 260	− 145 − 305	− 170 − 355
	h 10	0 − 40	0 − 48	0 − 58	0 − 70	0 − 84	0 − 100	0 − 120	0 − 140	0 − 160	0 − 185
	j 10	+ 20 − 20	+ 24 − 24	+ 29 − 29	+ 35 − 35	+ 42 − 42	+ 50 − 50	+ 60 − 60	+ 70 − 70	+ 80 − 80	+ 93 − 92
	k 10	+ 40 0	+ 48 0	+ 58 0	+ 70 0	+ 84 0	+ 100 0	+ 120 0	+ 140 0	+ 160 0	+ 185 0
IT - 11	d 11	− 20 80	− 30 105	− 40 130	− 50 − 160	− 65 − 185	80 − 240	100 − 290	− 120 − 340	145 − 395	170 − 460
	h 11	0 − 60	0 − 75	0 − 90	0 − 110	0 130	0 160	0 − 190	0 220	0 − 250	0 290
	j 11	+ 30 − 30	+ 38 − 37	+ 45 − 45	+ 55 − 55	+ 65 − 65	+ 80 − 80	+ 95 − 95	+ 110 − 110	+ 125 − 125	+ 145 − 145
	k 11	+ 60 0	+ 75 0	+ 90 0	+ 110 0	+ 130 0	+ 160 0	+ 190 0	+ 220 0	+ 250 0	+ 290 0

AJUSTES

Disposición del ajuste

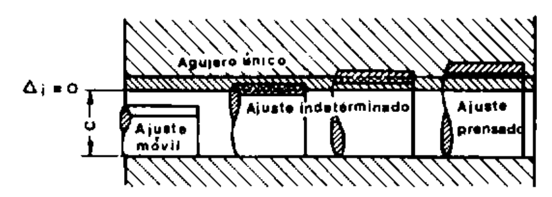
Ajuste es la relación mecánica existente entre dos piezas cuando una de ellas encaja en la otra; el ajuste resulta con juego cuando las piezas encajadas pueden moverse con mayor o menor facilidad, y con aprieto cuando las piezas encajadas quedan sin posibilidad de movimiento relativo entre ellas.

El juego máximo entre las piezas ajustadas corresponde a la diferencia entre la medida máxima interior de la pieza exterior y la medida mínima exterior de la pieza interior: el aprieto máximo corresponde a la diferencia entre la medida máxima exterior de la pieza interior y la medida mínima interior de la pieza exterior.

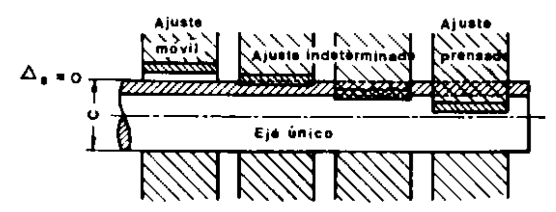
La tolerancia del ajuste es la oscilación máxima del juego o aprieto de las piezas a encajar.

Sistemas de ajuste

Agujero único (medida interior) es el sistema en el cual el agujero o medida interior, para una calidad determinada y un grupo de diámetros o medidas exteriores, independientemente del tipo de ajuste, tiene idénticas diferencias límites, siendo la tolerancia mínima igual a cero, y la máxima positiva.



Eje único (medida exterior) es el sistema en el cual el eje o medida exterior, para una calidad determinada y un grupo de agujeros o medidas interiores, independientemente del tipo de ajuste, tiene idénticas diferencias límites, siendo la tolerancia máxima igual a cero y la mínima negativa.



Consignación y selección de ajustes

La consignación de un ajuste puede ser numeral, por ejemplo, ajuste en un agujero de $\varnothing$ 100^{+35} con un eje de $\varnothing$ 100^{+13}_{-9}, o bien ajuste $\varnothing$ 100 H7 — j6; en el primer caso las tolerancias y desviaciones del ajuste se deducen de las tolerancias de las piezas (0 en el agujero y + 13 en el eje, aprieto —13, o + 35 en el agujero y —9 en el eje, holgura + 44), y en el simplificado para conocer las tolerancias del ajuste, se consultarán las Tabla 7.8 y 8,.8 (en la Tabla 10.8, [illegible]).

Para conseguir un ajuste con asiento definido (juego o aprieto) las piezas que lo forman reunirán las condiciones precisas de estado superficial y de tolerancias adecuadas.

El número de ajustes que se puede establecer para conseguir un asiento determinado, es muy elevado. Unificando criterios para la aplicación de los ajustes, a la vez que se reducen los medios de fabricación para conseguirlos, se han seleccionado, como se expone en la Tabla 9.8; las desviaciones correspondientes a los ajustes seleccionados se especifican en la Tabla 10.8.

Es notorio que algunos de los ajustes especificados como "forzoso ligero" son indeterminados, como por el ejemplo el H7 — j6 para $\varnothing$ 100, puede resultar forzado con una desviación máxima de + 13μ en el eje y 0μ en el agujero, deslizante con 0μ en el agujero y en el eje, y giratorio con una desviación de + 44μ, por desviación de + 35 μ en el agujero y —9 en el eje.

Ajustes	AJUSTES RECOMENDADOS	TABLA 9 . 8

ESPECIFICACION DE LOS ASIENTOS

Grado del ajuste	*Calidades superficiales*	*SISTEMA* *Agujero único* *Agujero*	*Agujero único* *Eje*	*Eje único* *Eje*	*Eje único* *Agujero*	*ASIENTO* *Clase*	*Características*
PRECISION		H 6	p 5	h 5	P 6	Forzado muy duro	Piezas montadas por dilatación o contracción; no necesitan seguro contra giro.
	▽▽▽▽		n 5		N 6	Forzado duro	Piezas montadas o desmontadas a presión; necesitan seguro contra giro.
			k 5		K 6	Forzado medio	Piezas que han de montarse o desmontarse con gran esfuerzo; seguro para giro y deslizamiento.
	▽▽▽		j 5		J 6	Forzado ligero	Montaje y desmontaje sin gran esfuerzo; necesitan seguro contra giro y deslizamiento.
			h 5		H 6	Deslizante	Piezas lubricadas que se montan y desmontan sin gran trabajo, a mano.
			g 5		G 6	Giratorio	En piezas lubricadas el giro y deslizamiento puede efecturse a mano.
FINO		H 7	s 6	h 6	S 7	Forzado muy duro	Montaje por dilatación o contracción; no necesita seguro contra giro.
			r 6		R 7	Forzado muy duro	Montaje por dilatación o contracción; no necesita seguro contra giro.
	▽▽▽		n 6		N 7	Forzado duro	Montado o desmontado a presión; necesita seguro contra giro.
			k 6		K 7	Forzado medio	Montado y desmontado con gran esfuerzo (mediante martillo de plomo); necesita seguro contra giro y deslizamiento.
			j 6		J 7	Forzado ligero	Montado y desmontado sin gran esfuerzo (mediante mazo de madera); necesita seguro contra giro y desplazamiento.
	▽▽		h 6		H 7	Deslizante	En piezas lubricadas, deslizamiento a mano.
			g 6		G 7	Giratorio	En piezas lubricadas, su juego es apreciable.
			f 7		F 8	Holgado medio	En piezas lubricadas, su juego es más apreciable.
			e 8		E 8	Más holgado	En piezas lubricadas, el juego es muy apreciable.
ESMERADO		H 8	j 9	h 9	J 8	Forzado ligero	Piezas que se han de montar y desmontar con facilidad.
	▽▽		h 9		H 8	Deslizante	Piezas que deben montarse sin esfuerzo y que deben desplazarse en su funcionamiento.
			e 9		E 8	Giratorio	Piezas móviles con juego desde perceptible a amplio.
			d 9		D 8	Holgado	Piezas móviles con juego muy amplio.
POCO ESMERADO	▽▽	H 11	h 11	h 11	H 11	Deslizante	Montaje fácil de gran tolerancia y con pequeño juego.
			d 11		E 11	Giratorio	Piezas móviles con gran tolerancia y juego no excesivo.
	▽		c 11		C 11	Holgado	Piezas móviles con gran tolerancia y juego.
			a 11		A 11	Muy holgado	Piezas móviles con gran tolerancia y mucho juego.

Ajustes	AJUSTES RECOMENDADOS DESVIACIONES EN MICRAS	TABLA 10 . 8

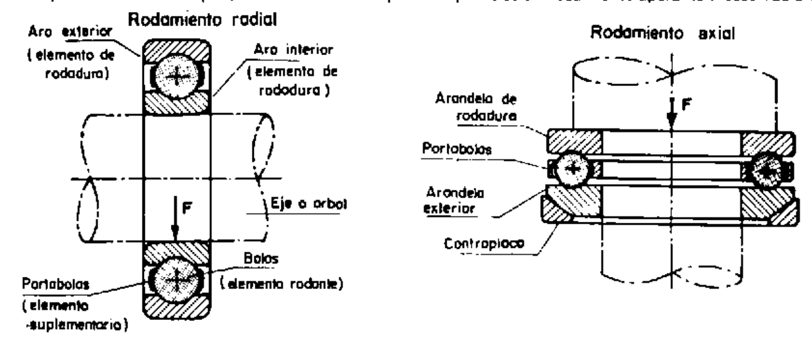
VALORES DE LAS DESVIACIONES DE LOS AJUSTES RECOMENDADOS

Tolerancia		Valores nominales, en mm; más de...									
Grado de ajuste	*Ajuste*	*1,6 a 3*	*3 a 6*	*6 a 10*	*10 a 18*	*18 a 30*	*30 a 50*	*50 a 80*	*88 a 120*	*120 a 180*	*180 a 250*
PRECISION	H6-p5	− 14 − 2	− 17 − 4	− 21 − 6	− 26 − 7	− 31 − 9	− 37 − 10	− 45 − 13	− 52 − 15	− 61 − 18	− 70 − 21
	H6-n5	− 11 + 1	− 13 0	− 16 − 1	− 20 − 1	− 24 − 1	− 28 − 1	− 33 − 1	− 38 − 1	− 45 − 2	− 51 − 2
	H6-k5	—	—	− 7 + 8	− 9 + 10	− 11 + 11	− 13 + 14	− 15 + 17	− 18 + 19	− 21 + 22	− 24 + 25
	H6-j5	− 4 + 8	− 4 + 9	− 4 + 10	− 5 + 14	− 5 + 19	− 5 + 21	− 6 + 26	− 6 + 31	− 7 + 36	− 7 + 42
	H6-h5	+ 12 0	+ 13 0	+ 15 0	+ 19 0	+ 22 0	+ 27 0	+ 32 0	+ 37 0	+ 43 0	+ 49 0
	H6-g5	+ 15 + 3	+ 17 + 4	+ 20 + 5	+ 25 + 6	+ 29 + 7	+ 36 + 9	+ 42 + 10	+ 49 + 12	+ 57 + 14	+ 64 + 15
FINO	H7-s6	− 6 − 22	− 7 − 27	− 8 − 32	− 10 − 39	− 14 − 48	− 18 − 59	− 23 − 78	− 36 − 101	− 52 − 133	− 76 − 169
	H7-r6	− 3 − 19	− 3 − 23	− 4 − 28	− 5 − 34	− 7 − 41	− 9 − 50	− 11 − 62	− 16 − 76	− 23 − 93	− 31 − 113
	H7-n6	+ 3 − 13	+ 4 − 16	+ 5 − 19	+ 6 − 23	+ 6 − 28	+ 8 − 33	+ 10 − 39	+ 12 − 46	+ 13 − 52	+ 15 − 60
	H7-k6	—	—	+ 14 − 10	+ 17 − 12	+ 19 − 15	+ 23 − 18	+ 28 − 21	+ 32 − 25	+ 37 − 28	+ 42 − 33
	H7-j6	+ 10 − 6	+ 13 − 7	+ 17 − 7	+ 21 − 8	+ 25 − 9	+ 30 − 11	+ 37 − 12	+ 44 − 13	+ 51 − 14	+ 59 − 16
	H7-h6	+ 16 0	+ 20 0	+ 24 0	+ 29 0	+ 34 0	+ 41 0	+ 49 0	+ 57 0	+ 65 0	+ 75 0
	H7-g6	+ 19 + 3	+ 24 + 4	+ 29 + 5	+ 35 + 6	+ 41 + 7	+ 50 + 9	+ 59 + 10	+ 69 + 12	+ 79 + 14	+ 90 + 15
	H7-f7	+ 25 + 7	+ 34 + 10	+ 43 + 13	+ 52 + 16	+ 62 + 20	+ 75 + 25	+ 90 + 30	+ 106 + 36	+ 123 + 43	+ 142 + 50
	F8-h6	+ 21 + 14	+ 36 + 18	+ 44 + 22	+ 54 + 27	+ 66 + 33	+ 80 + 41	+ 95 + 49	+ 112 + 58	+ 131 + 68	+ 151 + 79
	H7-e8	+ 37 + 14	+ 50 + 20	+ 62 + 25	+ 77 + 32	+ 94 + 40	+ 114 + 50	+ 136 + 60	+ 161 + 72	+ 188 + 85	+ 218 + 100
	E8-h6	+ 35 + 21	+ 46 + 28	+ 56 + 34	+ 70 + 43	+ 84 + 53	+ 105 + 66	+ 125 + 79	+ 148 + 94	+ 173 + 110	+ 201 + 129
ESMERADO	H8-j9	+ 26 − 13	+ 33 − 15	+ 40 − 18	+ 48 − 22	+ 59 − 26	+ 70 − 31	+ 83 − 37	+ 97 − 44	+ 113 − 50	+ 129 − 58
	H8-h9	+ 30 0	+ 48 0	+ 58 0	+ 70 0	+ 85 0	+ 101 0	+ 120 0	+ 141 0	+ 163 0	+ 187 0
	H8-e9	+ 53 + 14	+ 68 + 20	+ 83 + 25	+ 102 + 32	+ 125 + 40	+ 151 + 50	+ 180 + 60	+ 213 + 72	+ 248 + 85	+ 287 + 100
	H8-d9	+ 59 + 20	+ 78 + 30	+ 98 + 40	+ 120 + 50	+ 150 + 65	+ 181 + 80	+ 220 + 100	+ 261 + 120	+ 308 + 145	+ 357 + 170
POCO ESMERADO	H11-h11	+ 120 0	+ 150 0	+ 180 0	+ 220 0	+ 260 0	+ 320 0	+ 380 0	+ 440 0	+ 500 0	+ 580 0
	H11-d11	+ 140 + 20	+ 180 + 30	+ 220 + 40	+ 270 + 50	+ 315 + 65	+ 400 + 80	+ 480 + 100	+ 560 + 120	+ 645 + 145	+ 750 + 170
	H11-c11	+ 180 + 60	+ 220 + 70	+ 260 + 80	+ 315 + 95	+ 370 + 110	+ 440 + 130	+ 520 + 150	+ 610 + 180	+ 700 + 210	+ 820 + 280
	H11-a11	+ 390 + 270	+ 420 + 270	+ 460 + 280	+ 510 + 290	+ 560 + 300	+ 630 + 320	+ 720 + 360	+ 820 + 410		

COJINETES DE RODAMIENTO

Composición de los cojinetes

Los cojinetes de rodamientos pueden ser radiales o axiales; se componen de elementos de rodadura que son aros o arandelas provistos de una o más superficies de rodadura que sirven para que los cuerpos rodantes, que son bolas y rodillos de varios tipos, se deslicen sobre aquellas superficies sin rozamiento aparante (véase Tabla 11.8).



Tipos de cojinetes de rodamiento (Tablas 11.8 y 12.8)

Como cojinetes más usuales se consideran:

Radiales

Rodamientos de bolas a rótula, con agujeros cilíndricos. — Soportan cargas radiales y facilitan la alineación de los árboles.

Rodamientos a bolas rígidos; camino de rodadura profundo. — Soportan cargas radiales y axiales.

Rodamientos de rodillos a rótula con agujeros cilíndricos. — Soportan cargas radiales y axiales de consideración, y facilitan la alineación automática de los árboles.

Rodamientos de dos hileras de bolas, con contacto angular. - Pueden soportar, además de las cargas radiales, fuertes cargas axiales.

Rodamientos de rodillos cilíndricos. — Adecuados para soportar fuertes cargas radiales a altas velocidades.

Rodamientos de rodillos cónicos. -- Adecuados para soportar fuertes cargas radiales y axiales simultáneamente; las axiales en un solo sentido.

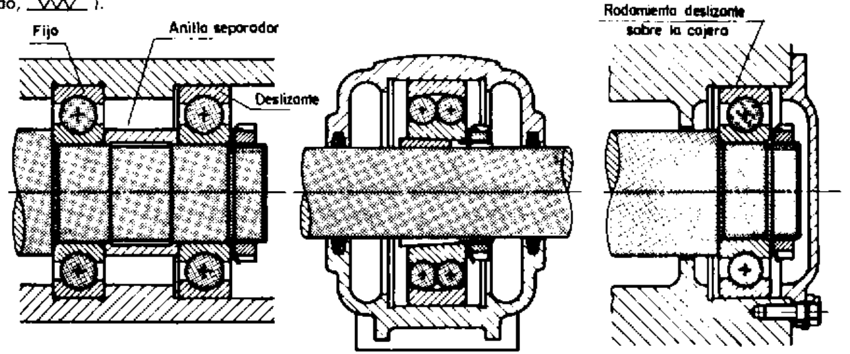
Axiales

Rodamientos axiales de simple efecto. — Soporta cargas axiales en un solo sentido; compuesto por dos arandelas.

Rodamientos axiales de doble efecto. — Soporta cargas axiales en los dos sentidos; compuesto por tres arandelas.

Montaje de los rodamientos

Los rodamientos están normalizados, asi como sus tolerancias de fabricación. La selección de los ajustes se hará de acuerdo con las cargas que han de soportar y las condiciones de servicio. En la Tabla 13.8 se expone una selección de ajustes con el asiento resultante, y en la Tabla 14.8 la selección del ajuste en soportes o cajeras para rodamientos. La calidad o estado superficial de las cajeras será el adecuado para el rodamiento (normalmente refinado, ▽▽▽).



Cojinetes de rodamiento	RODILLOS Y COJINETES DE BOLAS		TABLA 11 . 8
Rodillo cilíndrico corto l ≤ 2,5 ⌀ Rodillo cilíndrico largo l > 2,5 ⌀ Rodillo cilíndrico elástico.		Rodillo cilíndrico largo, de aguja. ⌀ ≤ 5 mm	
Rodillo de tonel simétrico. Superficie de rodadura convexa.		Rodillo de tonel aximétrico. Superficie de rodadura convexa.	
Rodillo cónico		Rodillo carrete	
Rodamiento de bolas de una hilera; contacto radial. Sin escote		Rodamiento de bolas de una hilera; contacto radial. Desmontable	
Rodamiento de bolas de una hilera; contacto angular. Cerrado		Rodamiento de bolas de una hilera; contacto angular. Arco exterior abierto y desmontable.	
Rodamiento de bolas de una hilera; contacto angular. Arco exterior partido		Rodamiento de bolas de una hilera; contacto angular. Arco interior partido	
Rodamiento de bolas de una hilera; contacto radial oscilante. Sin escote, con superficie exterior esférica.		Rodamiento de bolas de una hilera; contacto radial oscilante. Con escote, y una superficie exterior esférica.	
Rodamiento de bolas de doble hilera; contacto radial. Sin escote		Rodamiento de bolas de doble hilera; contacto radial. Con escote	
Rodamiento de bolas de doble hilera; contacto angular. Vértice del ángulo de contacto en el interior del rodamiento. Sin escote		Rodamiento de bolas de doble hilera; oscilante. Camino de rodadura del aro exterior esférico.	

Cojinetes de rodamiento	COJINETES DE BOLAS Y DE RODILLOS	TABLA 12 . 8	
Rodamiento de rodillos cilíndricos de una hilera, deslizantes en un sentido. Aro interior semiabierto y desmontable.		Rodamiento de rodillos cilíndricos de una hilera, deslizantes en un sentido. Aro exterior semiabierto y desmontable.	
Rodamiento de rodillos cilíndricos de una hilera, rígido. Aro exterior e interior cerrado.		Rodamiento de rodillos cilíndricos de una hilera, rígida. Aro exterior e interior cerrado, oscilante por la superficie exterior esférica.	
Rodamiento de rodillos de tonel, de una hilera, oscilante. Aro exterior esférico, aro interior cerrado, contacto radial.		Rodamiento de rodillos de tonel, de una hilera, oscilante. Aro exterior esférico, contacto angular.	
Rodamiento de rodillos carrete, de una hilera, oscilante. Aro interior esférico, contactó angular.		Rodamiento de rodillos de tonel, de dos hileras, oscilante. Camino de rodadura de aro exterior esférico, aro interior cerrado, con reborde central.	
Rodamiento axial de bolas, de simple efecto. Arandela exterior e interior con asiento plano.		Rodamiento axial de bolas, de simple efecto. Arandela exterior con asiento esférico.	
Rodamiento axial de bolas, de doble efecto. Arandelas exteriores con asiento plano.		Rodamiento axial de bolas, de doble efecto. Arandelas exteriores con asiento plano.	
Rodamiento axial de rodillos tonel truncado, oscilante. Camino de rodadura de arandela exterior esférica.		Rodamiento axial de rodillos cónicos. Arandela exterior e interior con camino cónico.	

Cojinetes de rodamientos	SELECCIÓN DEL AJUSTE EN EJES PARA RODAMIENTOS	TABLA 13 . 8

Ejes para rodamientos radiales

Cargas y condiciones de servicio		Aplicación	Diámetro del eje — Tipo de rodamiento: de bolas	de rodillos cilíndricos y cónicos	de rodillos a rótula	Tolerancia	Ajuste del aro interior sobre el eje	Observaciones
Rodamiento con agujero cilíndrico								
"Carga fija sobre aro interior"	Aro interior fácilmente desplazable sobre el eje	Ruedas locas	Todos los diámetros			g 6	Asiento ligeramente forzado	
	Aro int. sin necesidad de ser fácilmente desplazable sobre el eje	Poleas tensoras, y ruedas para cable				h 6	Asiento ligeramente forzado o forzado medio	
"Carga rotativa sobre aro interior" o "dirección de carga indeterminada"	Cargas ligeras o variables	Aparatos eléctricos, máq. herramientas, bombas, ventiladores, vagonetas	≤ 18	—	—	h 5	Forzado medio	Para aplicaciones de mucha exactitud, principalmente cuando se emplean rodam. de gran precisión, se recomiendan las tolerancias j5, k5 y m5 en vez de j6, k6 y m6
			> 18 a 100	≤ 40	≤ 40	j 6	Forzado fuerte	
			> 100 a 200	> 40 a 140	> 40 a 100	k 6	Prensado ligero	
			—	> 140 a 200	> 100 a 200	m 6	Prensado medio	
	Cargas normales y pesadas	Aplicaciones en general, motores eléctricos, turbinas, bombas, motores de combustión, engranajes, máquinas para trabajar la madera.	≤ 18	—	—	j 5	Forzado fuerte	Para rodamientos de rodillos cónicos puede en general, usarse k 6 y m 6 en vez de k 5 y m 5 respectivamente, porque en la aplicación de este tipo de rodamiento no debe tenerse en cuenta la disminución de juego interno.
			> 18 a 100	≤ 40	≤ 40	k 5	Prensado ligero	
			> 100 a 140	> 40 a 100	> 40 a 65	m 5	Prensado medio	
			> 140 a 200	> 100 a 140	> 65 a 100	m 6	Prensado medio	
			> 200 a 280	> 140 a 200	> 100 a 140	n 6	Prensado fuerte	
			—	> 200 a 400	> 140 a 280	p 6	" "	
			—	—	> 280 a 500	r 6	" "	
			—	—	> 500	r 7	" "	
	Cargas pesadas y cargas de choque en condiciones difíciles de funcionamiento	Cajas de grasa para locomotoras y demás vehículos de ferrocarriles y tranvías, motores de tracción.	—	> 80 a 140	> 80 a 100	n 6	" "	Deben usarse rodamientos con juego mayor que el normal.
			—	> 140 a 200	> 100 a 140	p 6	" "	
			—	—	> 140 a 200	r 6	" "	
			—	—	> 200 a 500	r 7	" "	
Carga puramente axial		Aplicaciones de toda clase	Todos los diámetros			j 6	Forzado fuerte	
Rodamiento con agujero cónico y manguito cónico								
Cargas de toda clase		Aplicaciones en general, cajas de grasa para ferrocarriles y tranvías	Todos los diámetros			h9 / IT5	Ligeramente forzado	Las denominación IT5 e IT7 colocadas después del signo de tolerancia, significan que las diferencias de la forma geométrica del eje, como falta de redondez, conicidad, etc., no deben sobrepasar el 5º y 7º grado de tolerancia respectivamente.
		Transmisiones				h 10 / IT 7		

Ejes para rodamientos axiales

Condiciones		Diámetro del eje en mm.	Tolerancia	Ajuste
Carga puramente axial		Todos los diámetros	j 6	Forzado fuerte
Carga combinada en rodamientos axiales de rodillos a rótula	*"Carga fija" sobre aro fijo al eje*	Todos los diámetros	j 6	" "
	"Carga rotativa" sobre aro fijo al eje o "dirección de carga indeterminada"	≤ 200	k 6	Prensado ligero
		> 200 a 400	m 6	Prensado medio
		> 400	n 6	Prensado fuerte

SELECCIÓN DEL AJUSTE EN SOPORTES O CAJERAS PARA RODAMIENTOS

Agujeros en soportes o cajeras para rodamientos radiales

Condiciones de servicio			Aplicaciones	Tolerancia	Ajuste del aro exterior sobre el soporte o cajera	Observaciones
Soportes enterizos	"Carga rotativa sobre aro exterior"	Cargas pesadas, soportes con paredes de poco espesor. Cargas pesadas de choque.	Cubos de rueda con rodamientos de rodillos, rodamientos de cigüeñal	P 7	Prensado ligero	Aro exterior no desplazable axialmente
		Cargas normales y pesadas	Cubos de rueda con rodamientos de bolas, rodamientos de cigüeñal	N 7	Forzado duro	
		Cargas pequeñas y variables	Rodillos transportadores, ruedas para poleas tensoras	M 7	Forzado fuerte	
	"Dirección de carga indeterminada"	Cargas pesadas de choque	Motores eléctricos de tracción			
		Cargas pesadas y normales. Desplazamiento axial del aro exterior no necesario	Máquinas eléctricas de tamaño mediano, bombas, rodamientos de apoyo de ejes cigüeñales	K 7	Forzado medio	Aro exterior generalmente no desplazable axialmente
Soportes partidos o enterizos		Cargas normales y pequeñas. Desplazamiento axial del aro exterior conveniente	Máquinas eléctricas de tamaño mediano, bombas, rodamientos de apoyo de ejes cigüeñales	J 7	Forzado ligero	Aro exterior generalmente desplazable axialmente
	"Carga fija sobre aro exterior"	Cargas de choque, con eventuales interrupciones de la acción de la carga	Cajas de grasa para vehículos de ferrocarriles			
		Toda clase de cargas	Aplicaciones en general, cajas de grasa para vehículos de ferrocarriles, grandes máquinas eléct. con rodamientos de rodillos cilíndricos	H 7	Deslizante	Aro exterior fácilmente desplazable axialmente
		Cargas normales y pequeñas con ligeras condiciones de servicio	Transmisiones	H 8	Deslizante	
		Transmisión de calor por el eje	Cilindros secadores, grandes máquinas eléctricas con rodamientos de rodillos a rótula	G 7	Giratorio estrecho	
Soportes enterizos		Exigencias de giro preciso y silencioso	Rodamientos de rodillos en husillos de máquinas - herramientas	K 6	Forzado medio	Aro exterior generalmente no desplazable axialmente
			Rodamientos de bolas en husillos de rectificadora, motores eléctricos pequeños	J 6	Forzado ligero	Aro exterior desplazable axialmente
			Motores eléctricos pequeños cuando se desea un desplazamiento fácil del aro exterior	H 6	Deslizante	Aro exterior fácilmente desplazable axialmente

Agujeros en soportes o cajeras para rodamientos axiales

Condiciones de servicio		Tolerancia	Ajuste del aro exterior sobre el soporte o cajera	Observaciones
Carga puramente axial	Rodamientos axiales de bolas	H 8	Deslizante	En aplicaciones que no requieren gran exactitud de giro se monta el aro apoyado en el soporte o la contraplaca con juego radial
	Rodamientos axiales de rodillos a rótula cuando el eje está guiado radialmente por otro rodamiento	—		Aro apoyado en el soporte con juego radial
Carga combinada en rodamientos axiales de rodillos a rótula	*"Carga fija" sobre aro apoyado en el soporte o "dirección de carga indeterminada"*	J 7	Forzado ligero	
	"Carga rotativa" sobre aro apoyado en el soporte	K 7	Forzado medio	En general
		M 7	Forzado fuerte	Con carga radial relativamente grande

Ajustes	RELACIÓN ENTRE MICRONES, MICROPULGADAS Y CONVERSIONES	TABLA 15 . 8

RELACIÓN ENTRE MICRONES Y MICROPULGADAS

Al considerar los estados superficiales, las tolerancias de medida y los ajustes, las tolerancias correspondientes se han expresado en micrones o micras (0,000001 m. o 0,001 mm.); en los países anglosajones, que consideran las dimensiones de longitud en pulgadas, al expresar las tolerancias de los mimos casos citados, utilizan como tolerancia la micropulgada (0,000001 pulgadas).

La diferencia entre ambas tolerancias es considerable, siendo su relación la siguiente:

1 micrón = 39,370079 micropulgadas; 1 micropulgada = 0,0254 micrones

CONVERSIÓN

De acuerdo con las relaciones indicadas, la conversión recíproca se expresa seguidamente.

Conversión de micrones en micropulgadas. — 1 micrón = 38,370079 micropulgadas

Micro nes	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0.	0,00	39,37	78,74	118,11	157,48	196,85	236,22	275,59	314,96	354,33
1.	393,70	433,07	472,44	511,81	551,18	590,55	629,92	669,29	708,66	748,03
2.	787,40	826,77	866,14	905,51	944,88	984,25	1023,62	1062,99	1102,36	1141,73
3.	1181,10	1220,47	1259,84	1299,21	1338,58	1377,95	1417,32	1456,69	1496,06	1535,43
4.	1574,80	1614,17	1653,54	1692,91	1732,28	1771,65	1811,02	1850,39	1889,76	1929,13
5.	1968,50	2007,87	2047,24	2086,61	2125,98	2165,35	2204,72	2244,09	2283,46	2323,83
6.	2362,20	2401,57	2440,94	2480,31	2519,69	2559,06	2598,43	2637,80	2677,17	2716,54
7.	2755,91	2795,28	2834,65	2874,02	2913,39	2952,76	2992,13	3031,50	3070,87	3110,24
8.	3149,61	3188,98	3228,35	3267,72	3307,09	3346,46	3385,83	3425,20	3464,57	3503,94
9.	3543,31	3582,68	3622,05	3661,42	3700,79	3740,16	3779,53	3818,90	3858,26	3897,64

Aplicación: 0,3 micrones = 11,811 micropulgadas
3 micrones = 118,11 micropulgadas
30 micrones = 1118,1 micropulgadas
300 micrones = 11811 micropulgadas

Para convertir 345,6 micrones, se hará:
300 micrones = 11811,00 micropulgadas
45 micrones = 1771,65 micropulgadas
0,6 micrones = 23,62 micropulgadas
345,6 micrones = 13606,27 micropulgadas

Conversión de micropulgadas en micrones. — 1 micropulgadas = 0,0254 micrones

Micro puls	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0.	0,00	0,0254	0,0508	0,0762	0,1016	0,1270	0,1524	0,1778	0,2032	0,2286
1.	0,254	0,279	0,305	0,330	0,356	0,381	0,406	0,432	0,457	0,483
2	0,508	0,533	0,559	0,584	0,610	0,635	0,660	0,686	0,711	0,737
3	0,762	0,787	0,813	0,838	0,864	0,889	0,914	0,940	0,965	0,991
4	1,016	1,041	1,067	1,092	1,118	1,143	1,168	1,194	1,219	1,245
5.	1,270	1,295	1,321	1,346	1,372	1,397	1,422	1,448	1,473	1,499
6.	1,524	1,549	1,575	1,600	1,626	1,651	1,676	1,702	1,727	1,753
7.	1,778	1,803	1,829	1,854	1,880	1,905	1,930	1,956	1,981	2,007
8.	2,032	2,057	2,083	2,108	2,134	2,159	2,184	2,210	2,235	2,261
9.	2,286	2,311	2,337	2,362	2,388	2,413	2,438	2,464	2,489	2,515

Aplicación: 3 micropulgadas = 0,0762 micrones
30 micropulgadas = 0,762 micrones
300 micropulgadas = 7,62 micrones
333 micropulgadas = 8,4582 micrones

Nota. — En las tablas 5.2 y 6.2 de la Sección segunda se expresan conversiones de milímetros en fracciones de pulgadas y en pulgadas, y viceversa.

SECCIÓN NOVENA

ÓRGANOS DE TRACCIÓN Y SUSTENTACIÓN. ENGRANAJES

Órganos de tracción y de sustentación

Los órganos de tracción y de sustentación se utilizan para elevar o arrastrar cargas o mantenerlas suspendidas; como tales medios se consideran los de carácter flexible, cuerdas, cables, cadenas y correas.

Los fabricantes de estos medios, además de facilitar sus características y dimensiones, proporcionan como dato fundamental la carga de rotura de los mismos, y para su empleo se considera esta carga afectada por el coeficiente de seguridad conveniente, según su aplicación, quedando establecido:

$$\text{Tensión de trabajo, } T_1 = \frac{T_r}{\gamma}$$

siendo T_r la carga de rotura y γ el coeficiente de seguridad.

Cuerdas

Las cuerdas están fabricadas con fibras vegetales, como algodón, lino, cáñamo (abacá), pita (sisal), consideradas como blandas las primeras y duras las últimas; también se fabrican con fibras sintéticas de nylon, polyester, etc. Con las fibras se fabrican los cordones, y con tres o más de éstos las estachas o cuerdas, de sección plana, cuadrada y, generalmente circulares o redondas.

En las cuerdas redondas, siendo d su diámetro, la sección neta es

$$A_n \approx \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot 0{,}65$$

El coeficiente de seguridad suele hacerse, $\gamma = 7$ a 10.

El diámetro de las poleas y tambores de arrollamiento se hace:

$D \approx 20$ a $30 \cdot d$, en cuerdas de algodón y lino.
$D \approx 30$ a $50 \cdot d$, en cuerdas de cáñamo, pita y plástico.

En la Tabla que sigue se exponen disposiciones normalizadas para poleas o tambores de arrollamiento de cuerdas de cáñamo y sintéticas, y en las Tablas 2.9 y 3.9 dimensiones y cargas de rotura de estos medios de tracción.

POLEAS PARA CUERDAS DE CAÑAMO

CUERDAS		GARGANTA					
Redonda d	Cuadrada l	a	b	c	e	r	Paso p
25	23	21	12,5	28	8	3	36
30	27	25	15	33	8		41
35	32	30	17,5	39	8		47
40	36	34	20	44	10		54
45	40	38	22,5	50	10		60
50	45	42	25	55	10		65
55	50	46	27,5	61	12		73

CUERDAS DE CÁÑAMO Y DE PITA
DIMENSIONES, PESO APROX. Y CARGAS DE ROTURA

Dimensiones			Peso apróx. por 100 m. kg.	Cargas de rotura kg.	
Diámetro mm.	Circunferencia mm.	Circunferencia pulgadas.		8 cordones	4 cordones
8	25	1	4,6	432	381
10	31	1 ¼	7,2	648	584
12	38	1 ½	10,5	940	864
14	44	1 ¾	14,2	1270	1118
16	51	2	18,6	1676	1486
18	57	2 ¼	23,5	2019	1753
20	63	2 ½	29,0	2502	2223
22	69	2 ¾	35	3023	3110
24	76	3	42	3556	3462
26	83	3 ¼	49	4140	3670
28	89	3 ½	57	4737	4204
30	95	3 ¾	65	5398	4775
32	102	4	74	6071	5385
34	108	4 ¼	84	6751	5995
36	114	4 ½	94	7570	6719
38	121	4 ¾	105	8332	7392
40	127	5	116	9703	8179
44	140	5 ½	140	11024	9805
48	152	6	167	12995	11841
52	165	6 ½	196	15088	13412
56	177	7	227	17425	15495
60	190	7 ½	260	19665	17610
64	203	8	297	22404	19813
72	228	9	376	27992	24893
80	254	10	464	34292	30431

Órganos de tracción y de sustentación	CUERDAS DE FIBRA SINTÉTICA DIMENSIONES, PESO APROX. Y CARGAS DE ROTURA	TABLA 3 . 9

Dimensiones			Cuerda de politileno		Cuerdas de polipropileno		Cuerdas de perlón	
Diámetro	Circunferencia		Peso aprox. por 100 m.	Carga de rotura	Peso aprox. por 100 m.	Carga de rotura	Peso aprox. por 100 m.	Carga de rotura
mm	mm.	pulgadas	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.	kg.
5	16	5/8	1,22	246				
6	19	3/4	1,82	348			2,13	610
7	22	7/8	2,50	474	2,20	680	2,88	825
8	25	1	3,20	600	3	900	3,78	1090
10	31	1 1/4	5,00	900	4,50	1360	5,85	1700
12	38	1 1/2	7,30	1500	6,50	1925	8,46	2500
14	44	1 3/4	9,70	1900	9	2600	11,52	3500
16	51	2	12,80	2400	11,50	3300	14,94	4300
18	57	2 1/4	16,10	2940	14,75	4300	18,90	5450
20	63	2 1/2	20,00	3420	18	5300	23,40	6750
24	76	3	29,00	5000	26	7600	35	10000
26	82	3 1/4	34,00	5850			39,60	11500
28	89	3 1/2	40,00	6700	35,50	10200	45,90	13000
30	95	3 3/4	45,30	7800			52,65	14500
32	102	4	52,00	8900	46	12700	64	16800
36	114	4 1/2	65,00	11000	58,50	16250	75,50	20000
40	127	5	80,00	12500	72	19250	95	25600
44	140	5 1/2	97,00	13900	88	23500	113,50	29000
48	152	6	115,00	16900	104	27500	135	34000
52	165	6 1/2	135,00	20200	122	32500	157,50	40000
56	177	7	157,00	24000	142	37500	185	45000
60	190	7 1/2	180,00	28500	163	41750	209	52000
64	203	8	205,00	32000	185	47750	240	61200
72	228	9	259,00	42000	234	60000	302	73000
80	254	10	320,00	50000	290	73000	373	89000

Cables cilíndricos de acero, flexibles, para aparatos de arrastre y de elevación

Los cables flexibles de acero para aparatos de arrastre y de elevación, generalmente están formados por seis u ocho cordones de alambres de diámetro pequeño y un alma de cáñamo. Los alambres están fabricados con aceros especiales, empleándose comúnmente los de 130, 160 y 180 kg/mm^2 de resistencia a la rotura por tracción.

En las Tablas 4_1-9 y 4_2-9 se exponen características de composición (forma), y la resistencia a la rotura por tracción, de cables de acero normalizados, utilizados en aparatos de arrastre y de elevación de cargas.

Según su aplicación, considerando cargas y servicio, se dispone:

Grupo I, cables sometidos a cargas parciales y servicio poco frecuente.

Grupo II, cables sometidos a cargas totales y servicio normal.

Grupo III, cables sometidos a cargas totales y servicio frecuente.

El coeficiente de seguridad s a la rotura de los cables, se establece:

Grupo I, $s = 6 - 7$
Grupo II, $s = 7 - 8$
Grupo III, $s = 8 - 10$

El diámetro del cable se hace:

$$d \approx k\sqrt{T}, \text{ siendo:}$$

T, la carga total o tracción a que está sometido el cable.

k, un coeficiente, que se dispone de:

$k = 0{,}32 - 0{,}34$ para el grupo I.
$k = 0{,}34 - 0{,}36$ para el grupo II.
$k = 0{,}36 - 0{,}39$ para el grupo III.

El diámetro de las poleas y del tambor de arrollamiento del cable, resulta:

$$D \approx s\sqrt{T}$$

En la Tabla 7-6 se especifican dimensiones normalizadas de poleas y tambores para arrollamiento de cables de acero.

Ejemplos 1.°.—Cable de acero para un ascensor; peso de la cabina y carga suspendida, $G = 750$ kg.

Considerando el rendimiento del ascensor, $\eta = 0{,}95$ (por rozamientos),

$$G_t = 750 \times \frac{1}{0{,}95} = 790 \text{ kg.}$$

Estimando el servicio un tanto constante y carga parcial, se toma $s = 7$ (grupo I).

La carga de rotura será $T_r = 790 \times 7 = 5530$ kg.

El diámetro del cable, $d \approx 0{,}33\sqrt{790} = 9{,}3$ mm.

Según la Tabla 4_1-9 se tomará cable A de 9,5 mm ⌀ y 180 kg/mm^2, de 5800 kg de resistencia a la rotura, o cable B de 10 mm ⌀ y 160 kg/mm^2, de 5650 kg de resistencia a la rotura.

Diámetro de las poleas y tambor, $D = 7\sqrt{790} = 197$ mm; se tomará $D = 200$ mm ⌀ (normalizado).

2.°.—Cable de acero para un torno de extracción en servicio continuo; tensión máxima en el cable, 8500 kg.

Se considera grupo III; $s = 9$.

Carga de rotura del cable, $T_r = 8500 \times 9 = 76500$ kg.

Diámetro del cable, $d \approx 0{,}38\sqrt{8500} = 35$ mm.

Según la Tabla 4_1-9 se tomará cable B de 35 mm ⌀ y 180 kg/mm^2, de 80350 kg carga de rotura.

Diámetro de las poleas y tambor, $D = 9\sqrt{8500} = 830$ mm; se tomará $D = 800$ ó 900 mm. (diámetros normalizados).

Órganos de tracción y de sustentación

CABLES NORMALIZADOS DE ACERO
COMPOSICIÓN Y RESISTENCIA A LA ROTURA (1.º)

TABLA 4.9

Composición del cable	*Diámetro del cable* d mm.	*Diámetro de los alambres* d' mm.	*Sección total de los alambres* A mm²	*Peso por metro de cable* g kg.	*Resistencia de los alambres kg/mm²* 130 — *Resistencia del cable a la rotura kg.*	160	180
	6,5	0,4	14,3	0,135	1860	2300	2550
	8	0,5	22,4	0,21	2900	3600	4050
	9,5	0,6	32,2	0,30	4200	5150	5800
	11	0,7	43,9	0,41	5700	7000	7900
	12,5	0,8	57,3	0,54	7450	9150	10300
	14	0,9	72,5	0,68	9450	11600	13050
	16	1,0	89,5	0,85	11650	14300	16100
	17	1,1	108,3	1,02	14100	17350	19500
	19	1,2	128,9	1,22	16750	20600	23200
6 × 19 — 114 alambres	20	1,3	151,3	1,43	19650	24200	27250
y un alma de cáñamo	22	1,4	175,5	1,66	22800	28050	31600
	9	0,4	27,9	0,26	3650	4450	5000
	10	0,45	35,3	0,34	4600	5650	6350
	11	0,5	43,6	0,41	5650	7000	7850
	12	0,55	52,7	0,50	6850	8450	9500
	13	0,6	62,8	0,59	8150	10050	11300
	14	0,65	73,7	0,70	9600	11800	13250
	15	0,7	85,4	0,81	11100	13650	15350
	16	0,75	98,1	0,93	12750	15700	17650
	18	0,8	111,6	1,06	14500	17850	20100
	20	0,9	141,2	1,34	18350	22600	25400
	22	1,0	174,4	1,65	22650	27900	31400
	24	1,1	211,0	2,00	27450	33750	38000
	27	1,2	251,1	2,38	32650	40200	45200
	29	1,3	294,7	2,80	38300	47150	53050
	31	1,4	341,7	3,24	44400	54650	61500
	33	1,5	392,3	3,72	51000	62750	70600
	35	1,6	446,4	4,24	58050	71400	80350
	37	1,7	503,9	4,78	65500	80600	90700
6 × 37 — 222 alambres	40	1,8	564,9	5,36	73450	90400	101700
	42	1,9	629,4	5,97	81800	100700	113300
y un alma de cáñamo	44	2,0	697,4	6,62	90650	111600	125550
	16	0,6	83,7	0,84	10900	13400	15050
	19	0,7	113,9	1,14	14800	18200	20500
	20	0,75	130,8	1,31	17000	20950	23550
	21	0,8	148,8	1,49	19350	23800	26800
	23	0,85	168,0	1,68	21850	26900	30250
	25	0,95	209,8	2,10	27250	33550	37750
	27	1,0	232,5	2,32	30250	37200	44850
	30	1,1	281,3	2,81	36550	45000	50650
	32	1,2	334,8	3,35	43500	53550	60250
	35	1,3	392,9	3,93	51050	62850	70700
	37	1,4	455,7	4,56	59200	72900	82000
	40	1,5	523,1	5,24	68000	83700	94150
	43	1,6	595,1	5,95	77350	95200	107100
	45	1,7	671,9	6,72	87350	107500	120950
	48	1,8	752,2	7,52	97800	120350	135400
8 × 37 — 296 alambres	51	1,9	839,2	8,39	109100	134300	151050
	54	2,0	929,9	9,30	120900	148800	167400
y un alma de cañamo	58	2,2	1125,1	11,25	146250	180000	202500

Órganos de tracción y de sustentación	CABLES NORMALIZADOS DE ACERO COMPOSICIÓN Y RESISTENCIA A LA ROTURA (2.°)	TABLA 4_2 . 9

Composición del cable	*Alambres del cordón*	*Diámetro del cable* d mm	*Diámetro de los alambres mm.* Interiores	Medios	Exteriores	*Sección total de los alambres* A mm^2	*Peso por metro de cable* g kg.	*Resistencia de los alambres* kg/mm^2: 130	160	180
								Resistencia del cable a la rotura kg.		
A		8	0,80	0,37	0,65	26,7	0,26	3450	4250	4800
		10	0,95	0,45	0,80	39,9	0,38	5150	6350	7150
		12	1,2	0,55	0,95	57,8	0,55	7500	9250	10400
	1	14	1,4	0,65	1,1	78,4	0,75	10150	12550	14100
	9	16	1,6	0,7	1,3	104,5	1,00	13550	16700	18800
	9	18	1,7	0,8	1,4	123,8	1,18	16100	19800	22250
	19	20	1,9	0,9	1,6	159,9	1,53	20750	25550	28750
		22	2,2	1,0	1,7	187,7	1,79	24400	30000	33800
		24	2,4	1,1	1,9	231,5	2,20	30100	37000	41650
		26	2,6	1,2	2,0	262,5	2,50	34100	42000	47250
6 × 19 – 114 alambres		29	2,8	1,3	2,2	313,8	2,98	40800	50200	56500
y un alma de cáñamo		31	3,0	1,4	2,4	369,8	3,51	48050	59150	66550
B		14	1,1	0,5	0,9	67,5	0,67	8750	10800	12150
		16	1,3	0,6	1,0	87,5	0,87	11350	14000	15750
	1	17,5	1,4	0,65	1,1	104,6	1,05	13600	16700	18800
	9	20	1,6	0,7	1,3	139,3	1,39	18100	22250	25050
	9	22	1,7	0,8	1,4	165,1	1,65	21450	26400	29700
	19	24	1,9	0,9	1,6	213,2	2,13	27700	34100	38350
		27	2,2	1,0	1,7	250,3	2,50	32550	40050	45050
8 × 19 = 152 alambres		30	2,4	1,1	1,9	308,7	3,09	40100	49400	55550
y un alma de cáñamo		32	2,6	1,2	2,0	350,0	3,50	45500	56000	63000
C		25	1,3	0,95	1,3	239,0	2,27	31050	38200	43000
	7	27	1,4	1,0	1,4	273,8	2,60	35600	43800	49250
	15	29	1,5	1,1	1,5	318,7	3,02	41400	51000	57350
	15	31	1,6	1,2	1,6	367,1	3,48	47700	58750	66050
	37	33	1,7	1,2	1,7	401,4	3,81	52150	64200	72250
		35	1,8	1,3	1,8	455,3	4,32	59150	72850	81950
6 × 37 – 222 alambres		37	1,9	1,4	1,9	512,8	4,87	66650	82000	92300
y un alma de cáñamo		39	2,0	1,5	2,0	573,7	5,45	74550	91750	103250
				Exteriores						
D		8	0,6	0,45	0,6	27,7	0,26	3600	4400	5000
		10	0,7	0,55	0,7	38,5	0,36	5000	6150	6900
		12	0,85	0,65	0,85	56,2	0,53	7300	8950	10100
	1	14	1,0	0,75	1,0	77,1	0,73	10000	12300	13850
	6	16	1,1	0,85	1,1	94,5	0,89	12250	15100	17000
	6 + 6	18	1,3	0,95	1,3	129,0	1,22	16750	20600	23200
	19	20	1,4	1,1	1,4	154,2	1,46	20050	24650	27750
		22	1,6	1,2	1,6	197,5	1,87	25650	31600	35550
		24	1,7	1,3	1,7	224,8	2,13	29200	35950	40450
		26	1,9	1,4	1,9	276,5	2,62	35950	44250	49750
6 × 19 = 114 alambres		28	2,0	1,5	2,0	308,6	2,93	40100	49350	55550
y un alma de cáñamo		30	2,2	1,6	2,2	368,8	3,50	47950	59000	66350
E		14	0,85	0,65	0,85	74,9	0,75	9700	11950	13450
		16	0,95	0,70	0,95	92,1	0,92	11950	14750	16550
	1	18	1,1	0,8	1,1	122,9	1,23	15950	19650	22100
	6	20	1,2	0,9	1,2	148,1	1,48	19250	23700	26650
	6 + 6	22	1,3	0,95	1,3	172,0	1,72	22350	27500	30950
	19	24	1,4	1,1	1,4	205,7	2,06	26700	32900	37000
		27	1,6	1,2	1,6	263,3	2,63	34200	42100	47400
8 × 19 = 152 alambres		29	1,7	1,3	1,7	299,7	3,00	38950	47950	53950
y un alma de cáñamo		32	1,9	1,4	1,9	368,7	3,69	47900	59000	66350

POLEAS PARA CABLE DE ACERO

GARGANTA					CUERPO			Cojinete		
Cable	r	a		h	Diámetros		Eje	Diámetros		Long.
d		Fund.	Acero		d_f	d_e	d_1	d_1	d_2	l
3,5 - 5	2,7	25	25	15	100	130	20 - 25	25	35	60
5 - 6,5	3,5	30	30	17,5	125	160	25 - 30	30	40	
6,5 - 8	4,5	32	30	20	160	200	25 - 40	35	45	70
8 - 10	5,4	36	32	20	200	240	20 - 50	40	50	
10 - 13	7	40	36	25	250	300	25 - 60	45	57	80
13 - 16	8,5	50	45	30	315	375	30 - 80	50	62	
16 - 22	12	60	55	30	400	460	40 - 100	55	68	90
22 - 27	14,5	70	65	40	500	580	50 - 125	60	72	
27 - 33	18	80	75	45	630	720	60 - 140	70	85	100
27 - 33	18	85	80	45	710	800	70 - 160	80	95	
33 - 43	23	95	90	50	800	900	80 - 180	90	105	
40 - 45	24	105	95	55	900	1010	90 - 200	100	115	120
40 - 54	24/29	115	105	60	1000	1120	90 - 200	110	125	
43 - 58	26/32	125	110	65	1120	1250	100 - 220	125	145	140
45 - 58	26/32	135	120	75	1250	1400	100 - 220	140	160	160
51 - 58	32	135	130	75	1400	1550	100 - 220	160	180	180

TAMBORES PARA CABLE DE ACERO

ESPIRAL				ESPESOR e, SEGUN LA CARGA							
Cable	Tambor			Carga	Diámetro d_f del tambor						
d	b	p	r	en kg	250	300	400	500	600	700	800
8	1	9,5	4,5	500	4 - 6	4 - 6					
10	1	12	5,5	1.000	6 - 9	6 - 9					
13	1,5	15	7	1.500		8 - 12	7 - 11				
16	2	18	9	2.000		9 - 14	8 - 13				
16	2	18	9	2.500			10 - 15	10 - 12			
19	2,5	22	10,5	3.000			11 - 16	11 - 16			
22	3	25	12	4.000				12 - 18			
24	3	27	13	5.000				14 - 20	14 - 20		
27	3,5	31	15	6.000					15 - 22	14 - 22	
29	3,5	33	16	7.000					16 - 24	16 - 24	
31	4	35	17	8.000						17 - 26	
31	4	35	17	9.000						19 - 27	18 - 26
33	4	37	18	10.000						20 - 28	19 - 27

POLEAS PARA CUERDAS DE CAÑAMO

CUERDAS		GARGANTA					
Redonda d	Cuadrada l	a	b	c	e	r	Paso p
25	23	21	12,5	28	8		36
30	27	25	15	33	8		41
35	32	30	17,5	39	8		47
40	36	34	20	44	10	3	54
45	40	38	22,5	50	10		60
50	45	42	25	55	10		65
55	50	46	27,5	61	12		73

SUSPENSIÓN DE CARGAS MEDIANTE ESLINGAS

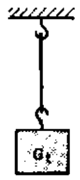
Cargas o tensiones en las eslingas

Una eslinga de cadena o cable puede soportar una carga o tensión máxima de trabajo:

$$G_t = \frac{T_r}{\gamma},$$

siendo T_r la tensión de rotura del cable o cadena y γ el coeficiente de seguridad.

Si se dispone un nudo en la eslinga la carga de trabajo se reducirá en un 25%, y si son dos los nudos (uno en cada extremo), la carga a suspender quedará reducida a un 50% de la que puede soportar directamente la eslinga.



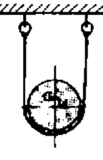


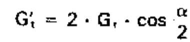


Tiros o tensiones oblicuas

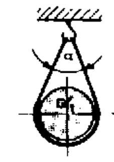
Si se disponen dos eslingas suspendidas del mismo punto y aplicadas a los extremos de una carga o una sola eslinga que abrazando a la carga queden sus extremos suspendidos del mismo punto, siendo G_t la tensión máxima de trabajo que puede soportar directamente la eslinga, la carga máxima a suspender será:

$G'_t = 2 \cdot G_t$

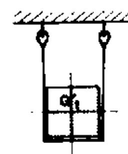




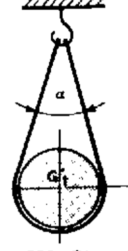
$$G'_t = 2 \cdot G_t \cdot \cos\frac{\alpha}{2}$$

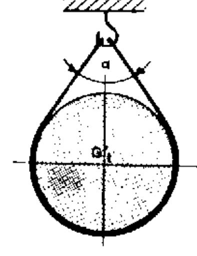


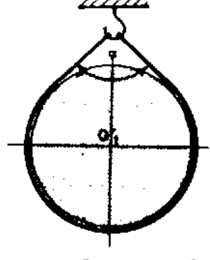
$G'_t = 2 \cdot G_t$



Considerando valores de α se tiene:





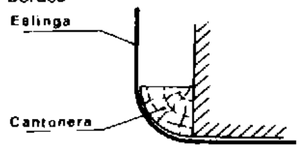


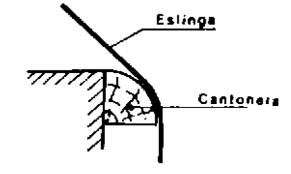
$\alpha = 30°$, $G'_t = 1,93 \cdot G_t$
$\alpha = 45°$, $G'_t = 1,85 \cdot G_t$

$\alpha = 60°$, $G'_t = 1,73 \cdot G_t$
$\alpha = 75°$, $G'_t = 1,59 \cdot G_t$

$\alpha = 90°$, $G'_t = 1,41 \cdot G_t$
$\alpha = 105°$, $G'_t = 1,27\ G_t$
$\alpha = 120°$, $G'_t = 1,00\ G_t$

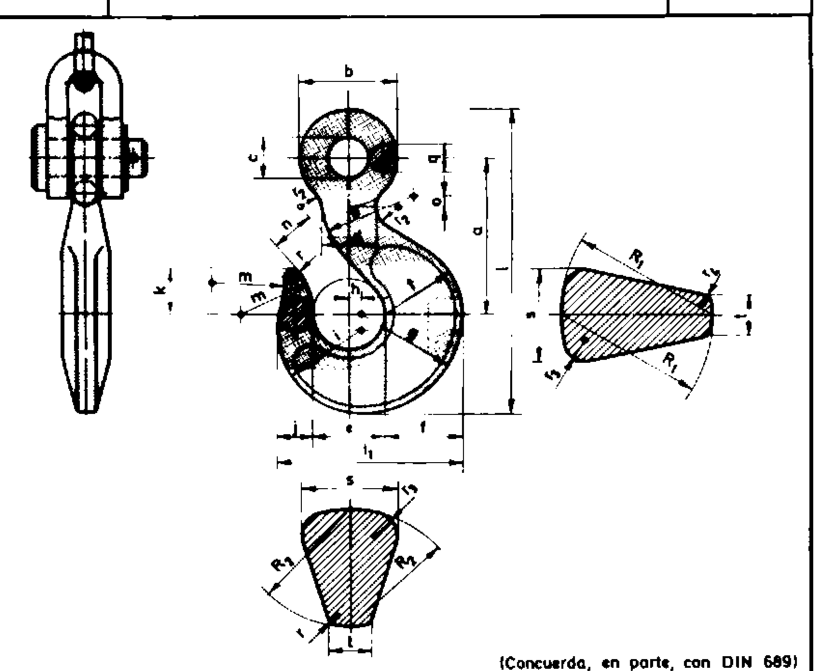
Cuando la carga a elevar tenga esquinas vivas, para seguridad de las eslingas se dispondrán cantoneras en los bordes





En la Tabla 6.9 se exponen ganchos de ojal normalizados.

Aparejos	***GANCHOS DE OJAL***	**TABLA 6 · 9**



(Concuerda, en parte, con DIN 689)

Valores	CARGA UTIL EN KILOGRAMOS													
	250	500	1000	1600	2500	4000	5000	6300	8000	10000	12500	16000	20000	25000
a	62	82	113	133	167	211	236	265	299	334	373	422	472	528
b	24,5	32,5	44	52,5	65,5	82	92	103	117	131	146	165	184	206
c	9,5	12,5	17	20,5	25,5	32	36	40	46	51	57	64	72	80
d	15	20	27	32	40	50	56	64	72	80	89	100	113	126
e	23	31	42	50	62	79	88	99	112	125	140	158	176	198
f	19,5	26	36	42,5	53,5	67,5	75	84,5	96	106	118	135	151	168
g	28,5	38	52,5	62	77,5	98	109	123	139	155	173	196	219	245
h	2,5	3,5	4,5	5,5	7	9	10	11	13	13,5	15	18	20	22
i	25	33,5	46	54,5	68,5	86,5	96,5	109	123	137	153	173	193	216
j	11	14,5	20	23,5	29,5	37	41,5	46,5	52,5	58,5	65,5	74	83	93
k	13	17,5	24	28,5	36	45	50	57	64	72	80	90	101	113
l	88,5	114,5	157,5	185,5	233	294	329	369	417	466	520,5	588,5	658	736
l_1	53,5	71,5	98,5	116,5	146	184,5	205,5	232	266	292	326	369	412	461
m	21	28	38	45	57	72	80	90	100	115	125	145	160	180
n	18	24	33	39	49	62	69	78	88	98	109	124	138	155
o	2,3	3	4,3	5	6,4	8	9	10	11,5	12,5	14	16	18	20
p	22	30	41	48	60	76	85	96	108	121	135	152	170	194
q	7,5	10	13,5	16	20	25	28	31,5	35,5	40	44,5	50,5	56	63
s	13	17	23,5	28	35	44,5	49,5	56	63	70	78	89	99	110
t	5,5	7	10	11,5	14,5	18,5	20,5	23	26	29	33	37	41	46
R_1	19,5	26	36	42,5	53,5	67,5	75	84,5	96	106	118	135	151	168
R_2	17	22,5	31	36,5	46	58	65	73	82,5	92	103	116	130	145
r_1	3	4	5,5	6,5	8	10,5	11,5	13	14,5	16,5	18	20,5	23	26
r_2	6	8	11	13	16	20,5	23	26	29	32,5	36,5	41	46	51
r_3	2,5	3	4,5	5	6,5	8	9	10	12	13	15	16,5	18	20
r_4	1	1,5	2	2,5	3	4	4,5	5	6	6,5	7	8	9	10
Cadena ø	5 y 6	7 y 8	10	13	16	18 y 20	23	26	28 y 30	33	33	39 y 42	45	48 y 51
Peso	0,13	0,3	0,75	1,25	2,5	5	7	10	14,3	20	27,5	40	56	78

CADENAS DE ESLABONES DE REDONDO

Cadenas de redondos

Las cadenas fabricadas con redondos (varillas) se emplean para suspensión de cargas, y en aparatos de elevación o transportadores, cuando la carga se ha de elevar o mover a velocidad reducida; el accionamiento, mecánico o manual, se realizará sin sacudidas.

Las cadenas están compuestas por elementos aislados (eslabones) enlazados entre si, construidos con redondos soldados, fabricándose las no calibradas para suspensión de cargas, y las calibradas para aparatos de elevación. En trabajos pesados se utilizan cadenas de eslabones afianzados por medio de un contrete, admitiendo estas cadenas una carga superior en un 10 a un 20 por 100 mayor que la soportada por cadenas sin contrete.

El cálculo de estas cadenas de eslabones, se hará considerando una sola sección a tracción; el coeficiente de seguridad se hace $\gamma = 4$ a 8 según las condiciones de trabajo, resultando el coeficiente de trabajo

$$\sigma_{ad} = 650 \text{ a } 325 \text{ kg/cm}^2$$

En los mecanismos de elevación, el diámetro primitivo de las poleas o tambores de arrollamiento para cadenas calibradas, se hace:

$$d_p = \sqrt{\left(\frac{p}{\operatorname{sen}\frac{90}{z}}\right)^2 + \left(\frac{d}{\cos\frac{90}{z}}\right)^2}$$

siendo p el paso de la cadena (interior) y d el diámetro del redondo del eslabón.

En poleas con $z \geqq 6$ y $d \leqq 16$, el diámetro primitivo será:

$$d_p \approx \frac{p}{\operatorname{sen}\frac{90}{z}}$$

Normalmente se toma:

$d_p \geqq 20 \cdot d$, en movimiento a mano; $d_p \geqq 30 \cdot d$, en movimiento mecánico.

Cadenas para transmisión — CADENAS CALIBRADAS Y POLEAS — TABLA 7 . 9

CADENAS CALIBRADAS.

Diámetro d	Eslabón a	Eslabón p	Tolerancia en 10 eslabones	Carga útil de tracc. kg.	Peso por metro kg.	Servicio
5	17	18,5	+1,5 −0,5	160	0,47	Cadena de maniobra
6	20	18,5		250	0,58	
7	23	22		370	0,98	Cadena de carga
8	26	24		540	1,34	
10	33,5	28	+2,5 −0,8	940	2,25	
11	34	31		1140	2,50	
(12)	39	34		1360	3,25	
13	42	36		1590	3,80	
14	45	39		1850	4,40	
(15)	48	42	+3,8 −1,3	2120	5,10	
16	52	45		2500	5,80	
18	58	50		3060	7,30	
20	65	56		3780	9,00	
22	72	61	+5,5 −1,8	4570	11,0	
25	83	67,5		5900	14,0	
28	91	78		7500	17,5	
30	98	84	+6,5 −2,2	8500	20,0	
32	104	90		9800	23,0	

Concuerda con las Normas UNE 18021 y 18024

CADENAS DE RODILLOS

Disposición y aplicación de las cadenas de rodillos

Las cadenas de rodillos están formados por cilindros huecos (rodillos exteriores) montados entre placas o mallas, rodillos interiores o ejes, limitándose la posición de las placas por medio de pasadores situados sobre los rodillos interiores.

Se aplican o utilizan para la transmisión de fuerzas entre dos ejes relativamente próximos, situados paralelamente.

Las cadenas de rodillos se fabrican de tres tipos, especificándose:

Sencilla, constituida por una hilera de rodillos.
Doble, constituida por dos hileras de rodillos.
Tripe, constituida por tres hileras de rodillos.

Todas estas cadenas están normalizadas, considerándose:

Paso de la rueda	p
Diámetro del rodillo (exterior)	d
Número de dientes de la rueda	z
Diámetro primitivo	dp

El diámetro primitivo corresponde al de la circunferencia en la que se inscribe un polígono regular de un número de lados igual al de dientes, siendo la longitud del lado igual al paso de la cadena.

Diámetro de fondo	$d_f = d_p - d$
Diámetro exterior de la rueda	$d_e = d_p + 0{,}8 \cdot d$
Radio del fondo	r
Paso transversal	p_t (distancia entre hileras de rodillos).
Longitud del diente	b_1

Cadena

El número de eslabones de la cadena, aproximadamente en:

$$N = \frac{2 \cdot C}{p} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \frac{p \cdot (z_1 + z_2)^2}{40 \cdot C}$$

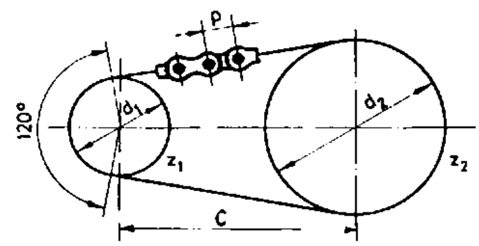
, redondeándose el valor que se obtenga para que N sea un número entero.

La distancia entre centros, resulta $C = \frac{p}{8} \cdot \left[A \sqrt{(A + 0{,}9 \cdot B) \cdot (A - 0{,}9 \cdot B)}\right]$,

siendo $A = 2 \cdot N - (z_1 + z_2)$, y $B = z_2 - z_1$, obteniendo un resultado suficiente para las aplicaciones prácticas.

La relación de reducción es $i = \frac{z_2}{z_1}$.

El conveniente que el arco mínimo abrazado no sea inferior a 120°. El coeficiente de seguridad se hará $\gamma = 5$ a 8 según las condiciones de servicio.



En las Tablas 8.9, 9.9 y 10.9 se exponen características de las cadenas de rodillos normalizadas, dentado de las ruedas para cadenas y el diámetro primitivo de estas ruedas según su número de dientes z.

Órganos de tracción y de sustentación

CADENAS DE RODILLOS DIMENSIONES

TABLA 8 · 9

Sencilla — Doble — Triple

DIMENSIONES

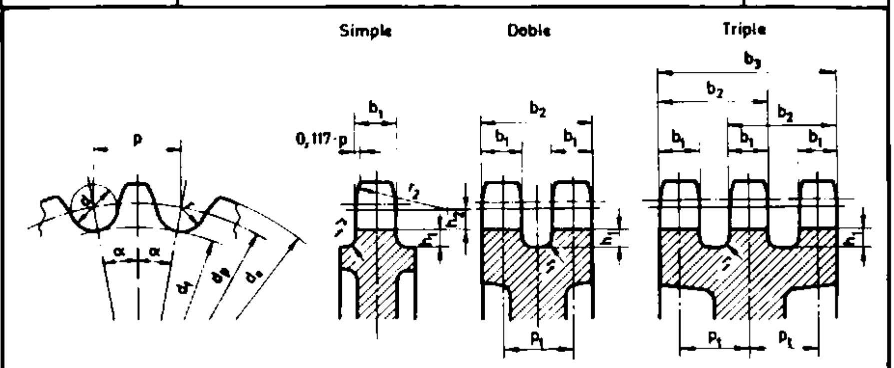
Cadena	Paso	Diamet. rodillo	Ancho interior			Ancho malla	Paso transv.	Grupo de mallas		Ancho de la cadena			Espesores	
			Sencilla	Doble	Triple					Sencilla	Doble	Triple	Cabeza	Tuerca
nº	p	d	C	D	E	F	P_t	H	K	L	M	N	P	R
1	8,00	5,00	3,00	8,64	14,27	8,37	5,64	2,64	8,28	8,13	13,97	19,56	1,27	3,05
2	9,525	6,35	3,94	–	–	8,51	–	–	–	11,18	–	–	1,27	3,30
3	9,525	6,35	5,72	15,95	26,19	8,51	10,24	4,52	14,76	12,95	23,37	33,53	1,27	3,30
(4)	12,70	7,75	3,30	–	–	10,16	–	–	–	10,16	–	–	1,40	3,81
5	12,70	7,75	4,88	–	–	10,16	–	–	–	11,68	–	–	1,40	3,81
6	12,70	8,51	5,21	–	–	12,07	–	–	–	13,97	–	–	1,40	3,81
7	12,70	8,51	7,75	21,67	35,59	12,07	13,92	6,17	20,09	16,51	30,48	44,45	1,40	3,81
(8)	15,875	7,75	3,30	–	–	10,16	–	–	–	10,16	–	–	1,40	3,81
(9)	15,875	7,75	4,88	–	–	10,16	–	–	–	11,68	–	–	1,40	3,81
10	15,875	10,16	6,48	–	–	14,73	–	–	–	16,00	–	–	1,52	4,06
11	15,875	10,16	9,65	26,24	42,82	14,73	16,59	6,93	23,52	19,05	35,81	52,32	1,52	4,06
12	19,05	12,07	7,87	–	–	16,38	–	–	–	18,29	–	–	1,65	4,57
13	19,05	12,07	11,68	31,14	50,60	16,38	19,46	7,77	27,23	22,10	41,66	61,21	1,65	4,57
14	25,40	15,88	12,70	–	–	20,83	–	–	–	31,75	–	–	2,03	5,33
15	25,40	15,88	17,02	48,90	80,77	20,83	31,88	14,86	46,74	36,07	68,07	99,82	2,03	5,33
(16)	31,75	19,05	14,22	–	–	25,40	–	–	–	37,85	–	–	–	6,10
17	31,75	19,05	19,56	56,01	92,46	25,40	36,45	16,89	53,34	43,18	79,76	116,08	–	6,10
18	38,10	25,40	25,40	73,76	122,12	33,53	48,36	22,96	71,32	53,34	101,85	150,11	–	6,60
(19)	44,45	27,94	22,23	–	–	33,53	–	–	–	56,13	–	–	–	7,37
20	44,45	27,94	30,99	90,55	150,11	33,53	59,56	28,58	88,14	64,77	124,46	183,90	–	7,37
(21)	50,80	29,21	22,23	–	–	40,13	–	–	–	58,67	–	–	–	7,87
22	50,80	29,21	30,99	89,54	148,08	40,13	58,55	27,56	86,11	67,31	125,98	184,40	–	7,87
23	63,50	39,37	38,10	110,39	182,68	52,83	72,29	34,19	106,48	82,55	154,94	227,33	–	9,14
24	76,20	48,26	45,72	136,93	288,14	64,26	91,21	45,49	136,70	99,06	190,50	281,69	–	10,41
25	88,90	53,98	53,34	159,94	–	78,23	106,60	53,26	–	114,30	220,98	–	–	11,68
26	101,60	63,50	60,96	180,85	–	92,20	119,89	58,93	–	130,81	250,70	–	–	12,95
27	114,30	72,39	68,58	204,85	–	104,39	136,27	67,69	–	147,32	283,72	–	–	14,22
28	127,00	79,38	76,20	226,70	–	116,33	150,50	74,30	–	162,56	313,18	–	–	15,49
29	152,40	95,25	91,44	271,53	–	139,19	180,09	88,65	–	194,31	374,40	–	–	18,03
30	177,80	111,13	106,68	316,23	–	162,05	209,55	102,87	–	226,06	435,61	–	–	20,57
31	203,20	127,00	121,92	361,95	–	184,91	240,03	118,11	–	257,81	497,84	–	–	23,11

CARGAS DE ROTURA EN KG

Nº	Sencilla	Doble	Triple	Nº	Sencilla	Doble	Triple	Nº	Sencilla	Doble	Triple	Nº	Sencilla	Doble	Triple
1	363	680	998	(9)	816	–	–	17	5670	11113	16556	25	52163	102058	–
2	862	–	–	10	2177	–	–	18	9979	18597	27215	26	68039	129273	–
3	862	1678	2495	11	2177	4173	6123	(19)	12701	–	–	27	86182	163292	–
(4)	816	–	–	12	2812	–	–	20	12701	24494	36287	28	108862	204116	–
5	816	–	–	13	2812	5488	8165	(21)	15422	–	–	29	154221	294834	–
6	1588	–	–	14	4309	–	–	22	15422	29483	43545	30	210919	401427	–
7	1588	2948	4309	15	4309	8165	12020	23	26762	51029	75296	31	272154	521629	–
(8)	816	–	–	(16)	5670	–	–	24	39009	73935	108862				

Concuerda con la Norma UNE 18002

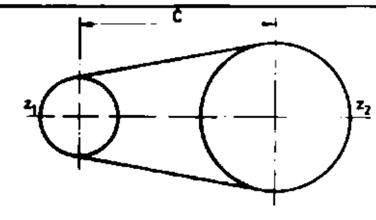
DENTADO DE LAS RUEDAS PARA CADENAS DE RODILLOS



Concuerda con UNE-18011

Cadena	b_1		b_2		b_3		Alturas		Radios	
nº	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	h_1	h_2	r_1	r_2
1	2,69	2,54	8,33	8,18	13,97	13,82	1,27	2,16	0,76	8,00
2	3,58	3,40	–	–	–	–	1,52	2,03	0,76	9,53
3	5,33	5,11	15,57	15,34	25,81	25,58	1,52	2,03	0,76	9,53
(4)	2,97	2,79	–	–	–	–	2,92	2,16	0,76	12,70
5	4,47	4,27	–	–	–	–	2,92	2,16	0,76	12,70
6	4,80	4,60	–	–	–	–	2,03	2,79	0,76	12,70
7	7,24	6,99	21,16	20,90	35,08	34,82	2,03	2,79	0,76	12,70
(8)	2,97	2,79	–	–	–	–	3,56	2,16	0,76	12,70
(9)	4,47	4,27	–	–	–	–	3,56	2,16	0,76	12,70
10	6,02	5,79	–	–	–	–	2,54	3,30	0,76	15,88
11	9,04	8,76	25,63	25,35	42,21	41,95	2,54	3,30	0,76	15,88
12	7,37	7,09	–	–	–	–	3,05	3,81	1,27	19,05
13	11,00	10,67	30,45	30,12	49,91	49,58	3,05	3,81	1,27	19,05
14	11,99	11,63	–	–	–	–	4,06	4,19	1,27	25,40
15	16,13	15,70	48,01	47,57	79,88	79,45	4,06	4,19	1,27	25,40
(16)	13,46	13,06	–	–	–	–	4,95	4,83	1,27	31,75
17	18,57	18,08	55,02	54,53	91,47	90,98	4,95	4,83	1,27	31,75
18	24,18	23,57	72,54	71,93	120,90	120,29	5,97	5,72	1,27	38,10
(19)	21,13	20,57	–	–	–	–	6,99	6,10	2,54	44,45
20	29,54	28,83	89,10	88,39	148,67	147,96	6,99	6,10	2,54	44,45
(21)	21,13	20,57	–	–	–	–	8,00	8,89	2,54	50,80
22	29,54	28,83	88,09	87,38	146,63	145,92	8,00	8,89	2,54	50,80
23	36,37	35,51	108,66	107,80	180,95	180,09	10,03	10,16	2,54	63,50
24	43,69	42,67	134,90	133,88	226,11	225,09	11,94	11,43	2,54	76,20
25	51,00	49,83	157,61	156,44	–	–	13,97	18,80	5,08	88,90
26	58,29	57,02	178,18	176,91	–	–	16,00	21,08	5,08	101,60
27	65,53	64,26	201,80	200,53	–	–	18,03	22,61	5,08	114,30
28	72,77	71,50	223,27	222,00	–	–	20,07	25,15	5,08	127,00
29	87,25	85,98	267,34	266,07	–	–	23,88	28,70	5,08	152,40
30	101,73	100,46	311,28	310,01	–	–	27,94	32,26	5,08	177,80
31	116,21	114,94	356,24	354,97	–	–	31,75	35,56	5,08	203,20

DISTANCIA ENTRE CENTROS



N = Número de eslabones

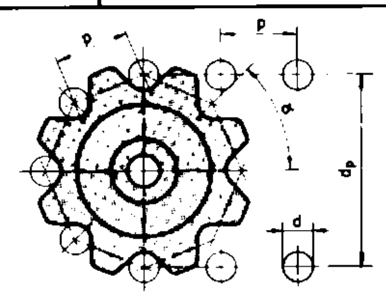
p = Paso de la cadena

$A = 2N - (z_2 + z_1)$; $B = z_2 - z_1$

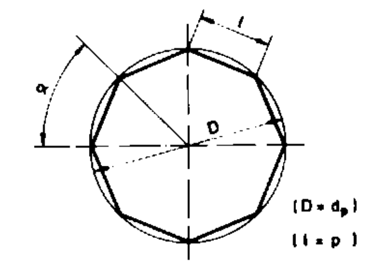
$$N = \frac{2 \cdot C}{p} + \frac{z_2 + z_1}{2} + \frac{p \cdot (z_2 - z_1)^2}{40 \cdot C} \text{ (aprox.)}$$

$$C = \frac{p}{8}\left[A + \sqrt{(A + 0,9 \cdot B) \cdot (A - 0,9 \cdot B)}\right]$$

Órganos de tracción y de sustentación	***DIÁMETRO PRIMITIVO DE LAS RUEDAS PARA CADENAS*** *Valores de la cosec. α*	TABLA 10 · 9



Rueda dentada



Polígono regular

z	cosec α	z	cosec α	z	cosec α	z	cosec α	z	cosec α
6	2,000	36	11,474	66	21,016	96	30,563	126	40,111
7	2,306	37	11,792	67	21,334	97	30,881	127	40,429
8	2,613	38	12,109	68	21,653	98	31,200	128	40,748
9	2,924	39	12,427	69	21,971	99	31,518	129	41,066
10	3,236	40	12,745	70	22,289	100	31,836	130	41,384
11	3,549	41	13,063	71	22,607	101	32,154	131	41,702
12	3,864	42	13,381	72	22,925	102	32,473	132	42,021
13	4,197	43	13,699	73	23,244	103	32,791	133	42,339
14	4,494	44	14,017	74	23,562	104	33,109	134	42,657
15	4,810	45	14,335	75	23,880	105	33,427	135	42,925
16	5,126	46	14,654	76	24,198	106	33,746	136	43,294
17	5,442	47	14,972	77	24,517	107	34,064	137	43,612
18	5,759	48	15,290	78	24,835	108	34,382	138	43,930
19	6,075	49	15,608	79	25,135	109	34,701	139	44,249
20	6,392	50	15,926	80	25,471	110	35,019	140	44,567
21	6,709	51	16,244	81	25,789	111	35,337	141	44,885
22	7,027	52	16,562	82	26,108	112	35,655	142	45,203
23	7,344	53	16,880	83	26,426	113	35,974	143	45,522
24	7,661	54	17,198	84	26,744	114	36,292	144	45,840
25	7,979	55	17,516	85	27,062	115	36,610	145	46,158
26	8,296	56	17,835	86	27,381	116	36,928	146	46,477
27	8,614	57	18,153	87	27,699	117	37,247	147	46,795
28	8,931	58	18,471	88	28,017	118	37,565	148	47,113
29	9,249	59	18,789	89	28,335	119	37,883	149	47,432
30	9,567	60	19,101	90	28,654	120	38,201	150	47,750
31	9,884	61	19,425	91	28,972	121	38,520	151	48,068
32	10,202	62	19,744	92	29,290	122	38,838	152	48,387
33	10,520	63	20,062	93	29,608	123	39,156	153	48,705
34	10,838	64	20,380	94	29,927	124	39,474	154	49,023
35	11,156	65	20,698	95	30,245	125	39,793	155	49,341

Ejemplo,– Diámetro primitivo de una rueda de 25 dientes para paso de 25,4 mm.

cosec $\alpha = 7{,}979$; $d_p = 25{,}4 \times 7{,}979 = 202{,}67$ mm.

CADENAS GALLE

Disposición y aplicación de las cadenas Galle

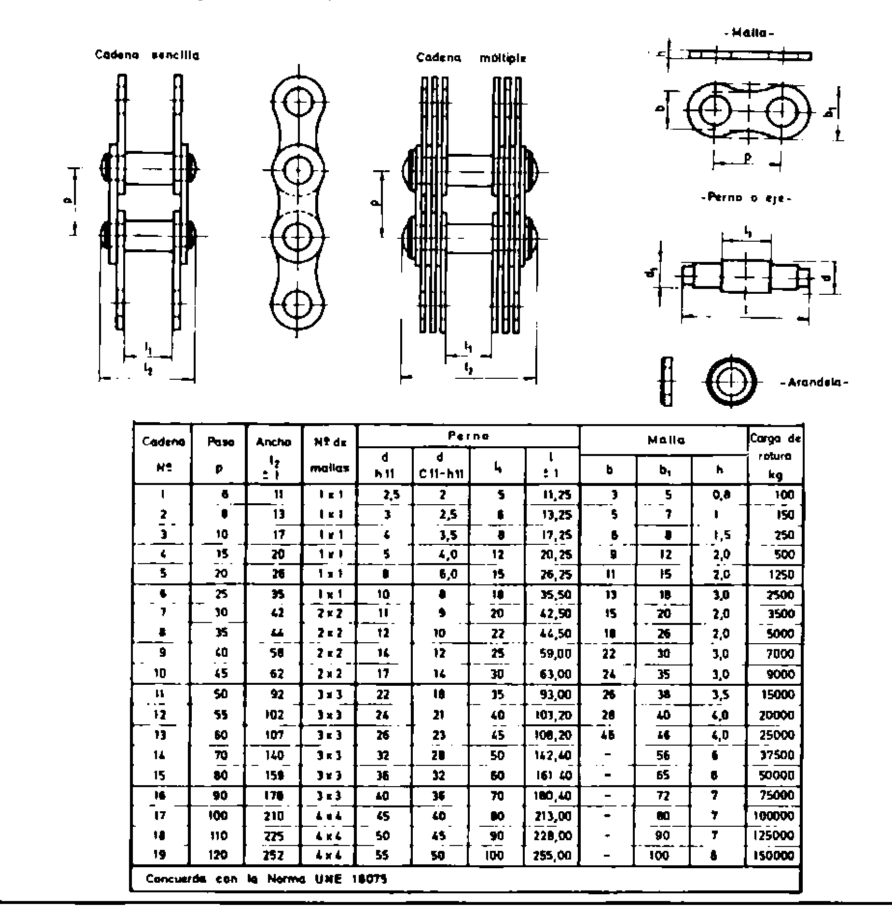
Las cadenas Galle se utilizan para soportar o elevar grandes cargas a velocidades reducidas (de 0,30 a 0,50 m por segundo); están formadas por mallas, pernos o ejes, y arandelas.

Son sencillas cuando están constituidas por una sola hilera de mallas interior y exterior, y múltiples cuando se dispone una hilera o más de mallas interiores o exteriores. Para $p_t < 50$ se fabrican sin arandelas, remachándose directamente los pernos sobre las mallas; para $p_t \leq 50$ los pernos se remachan sobre las arandelas, y para $p_t \geq 70$ las mallas son sin estrechamiento circular en su parte central (no ondulado) y el espesor h_1 indicado en la Tabla se aumenta en $\frac{0,8 \cdot p}{z}$.

Las cadenas Galle están normalizadas, y se considera:

Paso de la rueda	p
Diámetro del perno o eje	d
Número de dientes de la rueda	z (7 a 8 mínimo)
Diámetro primitivo	$d_p = p \cdot \text{cosec}\ \alpha$ (como en las ruedas de rodillos)
Diámetro de fondo	$d_f = d_p - d$
Diámetro exterior de la rueda	$d_e \approx d_p + 1 \text{ a } 1,3 \cdot d$
Radio del fondo	$r = D/2$, siendo $D = 1,005 \cdot d + 0,075$
Longitud del diente	$b_1 = 0,93 \cdot l_1 - 0,15$
Radio de entrada del diente	$r_e = 0,43 \cdot p$.

El coeficiente de seguridad se hará $\gamma = 5$ a 8, según las condiciones de trabajo de la cadena.



Cadena Nº	Paso p	Ancho l_2 ± 1	Nº de mallas	Perno d h11	Perno d C11-h11	Perno l_1	Perno l ± 1	Malla b	Malla b_1	Malla h	Carga de rotura kg
1	6	11	1 x 1	2,5	2	5	11,25	3	5	0,8	100
2	8	13	1 x 1	3	2,5	6	13,25	5	7	1	150
3	10	17	1 x 1	4	3,5	8	17,25	6	8	1,5	250
4	15	20	1 x 1	5	4,0	12	20,25	9	12	2,0	500
5	20	26	1 x 1	8	6,0	15	26,25	11	15	2,0	1250
6	25	35	1 x 1	10	8	18	35,50	13	18	3,0	2500
7	30	42	2 x 2	11	9	20	42,50	15	20	2,0	3500
8	35	44	2 x 2	12	10	22	44,50	18	26	2,0	5000
9	40	58	2 x 2	14	12	25	59,00	22	30	3,0	7000
10	45	62	2 x 2	17	14	30	63,00	24	35	3,0	9000
11	50	92	3 x 3	22	18	35	93,00	26	38	3,5	15000
12	55	102	3 x 3	24	21	40	103,20	28	40	4,0	20000
13	60	107	3 x 3	26	23	45	108,20	46	44	4,0	25000
14	70	140	3 x 3	32	28	50	142,40	-	56	6	37500
15	80	158	3 x 3	36	32	60	161 40	-	65	6	50000
16	90	178	3 x 3	40	36	70	180,40	-	72	7	75000
17	100	210	4 x 4	45	40	80	213,00	-	80	7	100000
18	110	225	4 x 4	50	45	90	228,00	-	90	7	125000
19	120	252	4 x 4	55	50	100	255,00	-	100	8	150000

Concuerda con la Norma UNE 18075

CORREAS TRAPECIALES COMPOSICIÓN Y APLICACIÓN.—POLEAS

Composición y aplicación

Las corres trapeciales o trapezoidales se componen de un entramado de hilos vegetales (algodón o cáñamo generalmente) embebidos en una masa de caucho, cuya capa o tejido envolvente es resistente al rozamiento; la sección de estas correas es un trapecio isósceles, siendo las caras no paralelas las que presionan en forma de cuña, sobre las gargantas de las poleas, y así, por su elevado coeficiente de rozamiento, es posible transmitir grandes potencias a altas velocidades, en ausencia de vibraciones.

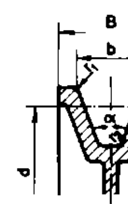
La transmisión del número de revoluciones en un par de ruedas accionadas por medio de correas trapeciales permite elevadas relaciones, llegando a hacerse i = 1/12 y en algunas ocasiones más; la posición de los ejes de las ruedas puede ser paralela o perpendicular (giro a 180°), separación grande o reducida (poleas casi en contacto, debiendo ser en todo caso el ángulo abrazado por la polea motriz, $\alpha \geqq 120°$. En estas poleas, la velocidad periférica puede alcanzar los 25 m/seg, y en determinados casos hasta 35 m/seg, en correas de ancho reducida.

Las correas trapeciales están normalizadas (Tabla 12.9) designándolas por medio de letras según su sección transversal (las de los países anglosajones son muy similares). Se fabrican en forma de correa sin fin de varios desarrollos para una misma sección, precisando para su utilización que la distancia entre ejes se pueda reducir para facilitar el montaje y también que se pueda tensar después de montada; asimismo pueden suministrarse en rollos para cortarlas a la longitud o desarrollo preciso, haciendo la junta con medios metálicos.

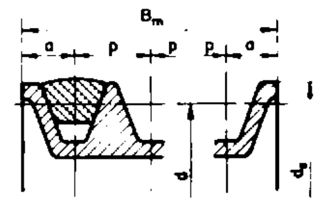
Las poleas para las correas trapeciales, asimismo normalizadas como aquellas, se fabrican de hierro fundido, de acero moldeado, excepcionalmente de acero forjado, y en algunos casos de chapa estampada. El ángulo que forman los flancos de la garganta de las poleas, es de 32°, 34°, 36° y 38°; su relación con el diámetro de referencia de las poleas puede verse en la Tabla que sigue.

POLEAS ACANALADAS PARA CORREAS TRAPECIALES — TABLA 12 . 9

Correa



Polea de una garganta



Polea de varias gargantas

TIPO DE CORREA		γ	Z	A	B	C	D	E	SPZ	SPA	SPB	SPC
Ancho de referencia	b	5,3	8,5	11	14	19	27	32	8,5	11	14	19
Altura mínima	c_2	1,6	2	2,75	3,5	4,8	8,1	9,6	2	2,75	3,5	4,8
Fondo mínimo	c_1	4,7	7	8,7	10,8	14,3	19,9	23,4	9	11	14	19
Radio	r_1	0,5	0,5	1	1	1,5	2	2	0,5	1	1	1,5
Radio	r_2	1	1	1	1,5	2	3	4	1	1	1,5	2
Espesor	e	5	5	6	8	9	10	14	5	6	8	9
Paso	p	8	12	15	19	25,5	37	44,5	12	15	19	25,5
Tolerancia	t_p	±0,3	±0,3	±0,3	±0,4	±0,5	±0,6	±0,7	±0,3	±0,4	±0,4	±0,5
Distancia al borde,	a	7	8	10	12,5	17	24	29	8	10	12,5	17
Tolerancia	t_a	±0,1	±0,1	+2 −1	+2 −1	+2 −1	+2 −1	+2 −1	±1	+2 −1	+2 −1	+3 −1
Diámetro para 32°,	d	≤60	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Diámetro para 34°,	d	—	≤80	≤118	≤190	≤315	—	—	≤80	≤118	≤190	≤315
Diámetro para 36°,	d	>60	—	—	—	—	≤475	≤600	—	—	—	—
Diámetro para 38°,	d	—	>80	>118	>190	>315	>475	>600	>80	>118	>190	>315
Diámetro mínimo,	d_m	20	50	75	125	200	355	500	63	90	140	224

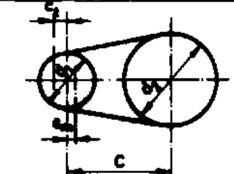
Dimensiones en milímetros.

Órganos de tracción y de sustentación	CORREAS TRAPECIALES MONTAJE Y DIÁMETROS DE REFERENCIA	TABLA 13 . 9

MONTAJE DE LAS CORREAS

Desarrollo de la correa

Siendo d_1 el diámetro de la polea menor (motriz), d_2 el de la mayor (conducida) y C la distancia entre centros de poleas, el desarrollo (aproximado) de la correa resulta: $L = 2 \cdot C + 1{,}57 \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot C}$



TIPO DE CORREA		*Y*	*Z*	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*	*SPZ*	*SPA*	*SPB*	*SPC*
Carrera del tensor	c_t	19	19	25	38	51	76	90	19	25	38	51
Carrera de montaje	c_m	51	51	75	75	152	1,5% de D		51	75	75	152

SERIE DE DIÁMETROS DE REFERENCIA

Diámetros de referencia	*Orden de preferencia de los diámetros*						
Valores nominales mm	*Y*	*Z SPZ*	*A SPA*	*B SPB*	*C SPC*	*D*	*E*
20	°						
22,4	°						
25	°						
28	°						
31,5	°						
35,5	°						
40	°						
45	°						
50	°	°					
53							
56	°	°					
60							
63	°	•					
67							
71	°	•					
75		•	°				
80	•	•	°				
85			°				
90	•	•	•				
95			•				
100	°	•	•				
106			•				
112	°	•	•				
118			•				
125	°	•	•	°			
132		•	•	°			
140		•	•	•			
150		•	•	•			
160		•	•	•			
170				•			
180		•	•	•			
190							
200		•	•	•	°		
212					°		
224		•	•	•	•		
236					•		
250		•	•	•	•		
265					•		
280		•	•	•	•		

Diámetros de referencia	*Orden de preferencia de los diámetros*						
Valores nominales	*Y*	*Z SPZ*	*A SPA*	*B SPB*	*C SPC*	*D*	*E*
300					•		
315		•	•	•	•		
335					•		
355		•	•	•	•	°	
375						•	
400		•	•	•	•	°	
425						•	
450			•	•	•	°	
475						°	
500		•	•	•	•	°	°
530							°
560			•	•	•	°	•
600				•	•	°	°
630		•	•	•	•	°	•
670							°
710			•	•	•	°	•
750				•	•	•	
800			•	•	•	°	°
850							
900				•	•	°	°
950							
1000				•	•	°	°
1060						°	
1120				•	•	°	°
1180							
1250					•	•	°
1350							
1400					•	•	°
1500						°	°
1600					•	°	°
1700							
1800						°	°
1900							•
2000					•	°	°
2120							
2240							°
2360							
2500							°

Los diámetros de referencia marcados con ° son recomendados para las correas de ancho normal Y Z A B C D E.
Los diámetros de referencia marcados con • son recomendados para las correas de ancho normal y estrechas.

CORREAS TRAPECIALES
CÁLCULO DE LA POTENCIA TRANSMISIBLE

Potencia transmisible

La potencia transmisible por las correas trapeciales depende de su sección, del diámetro primitivo de la rueda motriz y de su velocidad angular; se introducen en el cálculo factores de corrección para tener en cuenta la relación de velocidades, el arco o ángulo abrazado por la polea motriz y la longitud L de la correa. El rendimiento de las transmisiones de fuerza con correas trapeciales es $\eta = 0{,}95$ a $0{,}985$.

La potencia transmisible total F en kilovatios, según la Norma UNE 18.163-85, se da por la fórmula

$$P = K(P_1 + \Delta P_1 + \Delta P_2), \text{ siendo:}$$

$$K = 1{,}25 \cdot (1 - 5^{-\theta/\pi})$$

$$P_1 = d_p \cdot \omega \cdot \left[C_1 - C_2 \cdot \frac{1}{d_p} - C_3 \cdot (d_p \cdot \omega)^2 - C_4 \log (d_p \cdot \omega)\right]$$

$$\Delta P_1 = C_4 \cdot \omega \cdot d_p \log \frac{1}{1 + 10^{\frac{C_2}{C_4} \cdot \frac{1}{d_p} \cdot \left(\frac{1}{S} - 1\right)}}$$

$$\Delta P_2 = d_p \cdot \omega \cdot C_4 \log \frac{L}{L_0}$$

- P_1 es la potencia transmisible de base, expresada en kilovatios.
- ω es la velocidad angular de la polea menor, expresada en radianes por segundo.
- d_p es el diámetro primitivo de la polea menor, expresado en milímetros.
- ΔP_1 es la potencia adicional para la relación de velocidades, expresada en kilovatios.
- ΔP_2 es la potencia adicional para la longitud de la correa, expresada en kilovatios.
- L_0 es la longitud de base de la correa, expresada en milímetros.
- L es la longitud real de la correa, expresada en milímetros.
- S es igual al mayor de los valores de R o de 1/R, en donde R es la relación de velocidades.

L_0 y L se podrán medir, bien en el sistema de referencia, o en el sistema primitivo.

C_1, C_2, C_3, C_4 son parámetros correspondientes a correas de una calidad bien definida y con una duración satisfactoria (pueden diferir de una marca a otra o de calidad de correas).

θ es el ángulo o arco abrazado alrededor de la polea menor; si θ viene dado en grados, π debe ser sustituido por 180° en la fórmula del cálculo de K.

Cálculo aproximado de la potencia transferible

La potencia transferible (aprox.) es:

$$P = k \cdot c \cdot n, \text{ en C.V., siendo:}$$

k el módulo de potencia expresado en la Tabla que sigue, c el coeficiente de reducción según el arco abrazado por la polea motriz, y n el número de correas.

Ejemplo.—Cálculo de las correas trapeciales para accionamiento de una máquina servida por un motor de 30 C.V. que gira a razón de 270 r.p.m., siendo el diámetro de la polea motriz $d_1 = 400$ mm; el arco abrazado por la polea motriz es $\alpha = 170°$.

Velocidad periférica, $v = \frac{\pi \times 0{,}4 \times 720}{60} = 15$ m/seg.

Para v = 15 m/seg, con correa, por ejemplo tipo D, el módulo de potencia k = 10,45 C.V. según la Tabla (interpolación lineal).

Como $\alpha = 170°$, c = 0,8 y la potencia transferible, $P_1 = 0{,}8 \times 10{,}45 = 8{,}36$ C.V.

El número de correas n = 30/8,36 = 3,59; se dispondrán 4 correas.

MÓDULO DE POTENCIA, k C.V.

TABLA 14 . 9

Tipo de correa		Y	Z	A	B	C	D	E
Velocidad periférica m/seg.	2	0,025	0,11	0,23	0,40	0,90	1,60	2,40
	3	0,04	0,16	0,35	0,61	1,35	2,40	3,60
	4	0,055	0,23	0,46	0,83	1,85	3,20	4,90
	6	0,08	0,33	0,69	1,23	2,65	4,75	7,00
	8	0,11	0,42	0,91	1,62	3,35	6,25	9,00
	10	0,13	0,50	1,11	2,00	4,06	7,70	11,00
	12	0,14	0,58	1,31	2,34	4,70	8,90	12,80
	14	0,15	0,63	1,47	2,60	5,35	10,0	14,30
	16	0,145	0,67	1,58	2,78	5,85	10,9	15,50
	18	0,135	0,67	1,62	2,90	6,15	11,8	16,40
	20	0,12	0,63	1,60	2,98	6,20	12,5	17,00

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SEGÚN EL ARCO ABRAZADO

Arco abrazado (polea motriz)	180°	170°	160°	150°	140°	130°	120°
Coeficiente de reducción	1,00	0,98	0,96	0,92	0,89	0,85	0,81

CORREAS PLANAS
COMPOSICIÓN DE LAS CORREAS, Y POLEAS

Composición y aplicación

Las correas planas de cuero curtido (al tanino o al cromo), son simples cuando están formadas por una sola capa de cuero de 4 a 6 mm de espesor; son dobles cuando están formadas por dos capas de cuerdo debidamente encoladas, siendo su espesor de 6 a 10 mm; finalmente, son triples cuando son tres las capas de cuero que las forman, y su espesor 10 y más milímetros.

El funcionamiento de estas correas es silencioso, transmitiéndose la potencia de la rueda motriz a la conducida por adherencia; el rendimiento de esta transmisión es η = 0,95 a 0,98.

La longitud adecuada a las correas se consigue por encolado de varias piezas, y la unión de los extremos para formar una correa sin fin asimismo se consigue por encolado o por cosido; también puede hacerse la unión por medio de grapas metálicas.

Las correas planas fabricadas con fibras textiles (algodón y cáñamo) son más flexibles y resistentes a los agentes químicos y atmosféricos; las fabricadas con fibras textiles embebidas en caucho son insensibles a la humedad y pueden trabajar en ambientes pulverulentos.

Poleas para correas planas

Las poleas para correas planas generalmente se fabrican de hierro fundido, y también de madera, o metálicas de chapa lisa o estampada, con radios de redondos soldados. Normalmente son de una pieza, algunas veces también partidas para facilitar su montaje o por sus dimensiones.

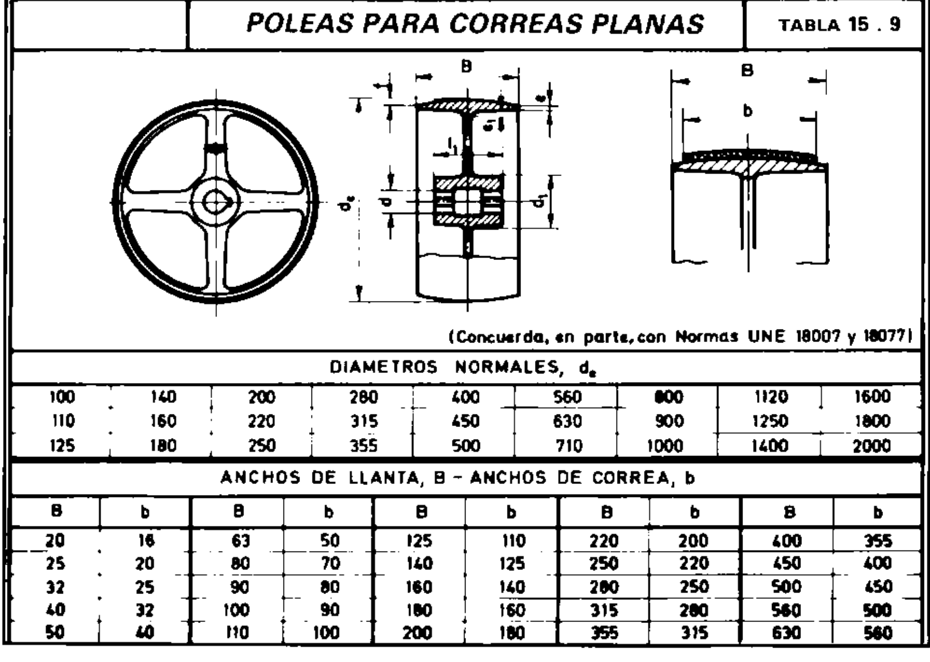
El diámetro y ancho de estas poleas está normalizado: generalmente la llanta está abombada, siendo lisa en poleas tensoras.

Como dimensiones prácticas, se hace:

$$e = 0{,}005 \cdot D + 3 \text{ mm};\ e_1 \approx e \qquad \text{(espesor de la llanta)}$$
$$g = 0{,}003 \cdot D,\ \text{también } f = 0{,}03 \cdot B \qquad \text{(abombado o flecha)}$$

En la Tabla que sigue se exponen dimensiones normalizadas de las poleas planas para correas lisas.

POLEAS PARA CORREAS PLANAS — TABLA 15 . 9



(Concuerda, en parte, con Normas UNE 18007 y 18077)

DIAMETROS NORMALES, d_e

100	140	200	280	400	560	800	1120	1600
110	160	220	315	450	630	900	1250	1800
125	180	250	355	500	710	1000	1400	2000

ANCHOS DE LLANTA, B – ANCHOS DE CORREA, b

B	b	B	b	B	b	B	b	B	b
20	16	63	50	125	110	220	200	400	355
25	20	80	70	140	125	250	220	450	400
32	25	90	80	160	140	280	250	500	450
40	32	100	90	180	160	315	280	560	500
50	40	110	100	200	180	355	315	630	560

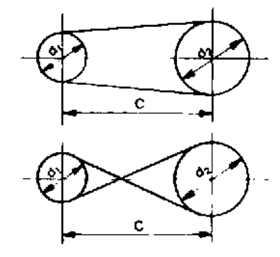
CORREAS PLANAS DE CUERO DESARROLLO Y POTENCIA TRANSFERIBLE

Desarrollo de las correas

En la transmisión de fuerzas por medio de poleas accionadas por correas, se considera la distancia C entre ejes, el diámetro d_1 de la polea motriz y el diámetro d_2 de la polea conducida, siendo L la longitud desarrollada de la correa.

Para correas abiertas o lisas se tiene:

$$L \approx 2 \cdot C + 1{,}57 \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot C}.$$



Para correas cruzadas, resulta:

$$L = 2 \cdot C + 1{,}57 \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 + d_1)^2}{4 \cdot C}$$

Potencia transferible con correas de cuero

Para la utilización en transmisión de fuerzas, se suministran:

Correas tipo I para velocidad $v \leqq 12$ m/seg, y $\sigma_{máx} = 25$ kg/cm².
Correas tipo II para velocidad $v \leqq 25$ m/seg, y $\sigma_{máx} = 29$ kg/cm².
Correas tipo III para velocidad $v \leqq 45$ m/seg, y $\sigma_{máx} = 33$ kg/cm².

La potencia transmisible, función de la sección A de la correa (igual al espesor δ por el ancho b), de la velocidad v y del arco α abrazado por la polea motriz, es:

$$F = k \cdot c \cdot A, \text{ C.V.}$$

siendo, k el módulo de potencia especifica (expresado en la Tabla 16.9), y c el coeficiente de reducción de acuerdo con el arco abrazado por la polea motriz.

Ejemplo. — Cálculo de la correa de cuero para accionamiento de una máquina servida por un motor de 30 C.V. que gira a razón de 720 r.p.m. siendo $d_1 = 400$ mm; el arco abrazado por la polea motriz es de 170°. La correa es del tipo III, de espesor $\delta = 8$ mm.

Velocidad periférica, $v = \frac{\pi \times 0{,}4 \times 720}{60} = 15$ m/seg.; relación $\frac{\delta}{b} = \frac{8}{400} = \frac{1}{50}$

Para $\frac{\delta}{d} = \frac{1}{50}$, el módulo de potencia es $k = 3{,}6$ C.V. (para otros valores se interpola linealmente).

Como $\alpha = 170$, la potencia unitaria transferible será $F' = 3{,}6 \times 0{,}97 = 3{,}49$ C.V.

$A = \frac{30}{3{,}49} = 8{,}6$ cm²; $b = \frac{8{,}6}{0{,}8} = 10{,}7$ cm; se tomará correa de 120 × 8 mm.

Nota. — Para correas tipo II se tomará $k_{II} = 0{,}88 \cdot k$, y para las del tipo I, $k_I = 0{,}76 \cdot k$.

MÓDULO DE POTENCIA, k C.V. — TABLA 16 . 9

Relación δ/d		1/40	1/50	1/70	1/100	1/150	1/400
Velocidad periférica m/seg.	5,0	1,10	1,20	1,35	1,44	1,50	1,57
	7,50	1,64	1,80	2,02	2,16	2,25	2,35
	10,0	2,19	2,40	2,70	2,89	3,00	3,13
	12,50	2,73	3,00	3,37	3,61	3,75	3,92
	15,0	3,28	3,60	4,05	4,35	4,50	4,70
	17,50	3,75	4,15	4,70	5,00	5,35	5,50
	20,0	4,30	4,75	5,40	5,75	6,05	6,30
	22,50	4,80	5,35	6,00	6,40	6,65	7,00
	25,0	5,25	5,80	6,55	7,00	7,25	7,60
	27,50	5,60	6,20	6,95	7,45	7,70	8,10
	30,0	5,85	6,45	7,25	7,75	8,05	8,50
	32,50	5,90	6,50	7,40	7,90	8,30	8,80
	35,0	5,75	6,40	7,90	7,90	8,35	8,90

COEFICIENTE DE REDUCCIÓN SEGÚN EL ARCO ABRAZADO

Arco abrazado (polea motriz)	180°	170°	160°	150°	140°	130°	120°
Coeficiente de reducción	1,00	0,97	0,94	0,91	0,87	0,84	0,80

ENGRANAJES CILÍNDRICOS DE DENTADO RECTO

Engranaje

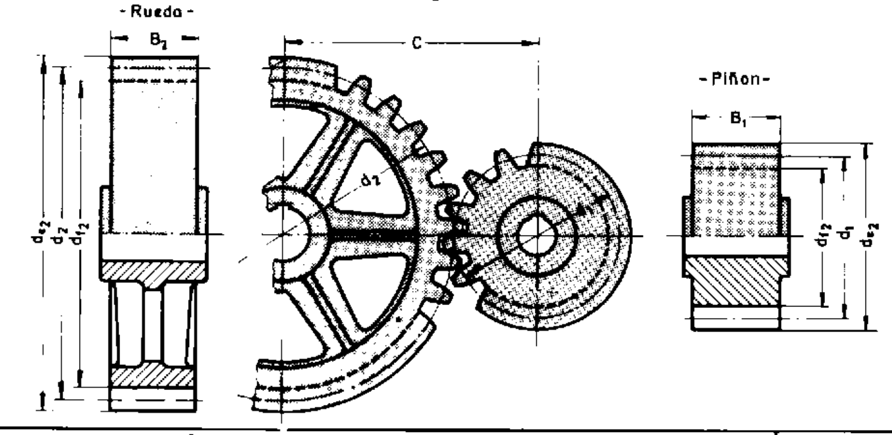
Es el conjunto de dos o más ruedas dentadas, conjugadas, de superficie exterior generalmente cilíndrica o cónica, que transmiten por medio de dientes tallados en dichas superficies, la rotación de los ejes donde van montadas; la pieza mayor es la rueda, y la menor el piñón.

Circunferencia primitiva

Circunferencias primitivas son aquellas tangentes entre sí que ruedan una contra otra sin deslizamiento alguno mientras las ruedas giran; sus diámetros, son los diámetros primitivos. Con relación a las circunstancias primitivas se determinan todas las características que definen los diferentes elementos de los dientes de las ruedas.

Módulo

El módulo es una característica de magnitud que se define como la relación entre la medida del diámetro primitivo de la rueda expresado en milímetros y su número de dientes. En los paises anglosajones se emplea otra caracteristica llamada diametral PITCH, que es inversamente proporcional al módulo. El valor del módulo se fija mediante cálculo de resistencia en virtud de la potencia a transmitir y en función del número de revoluciones de las ruedas del engrane.



MÓDULOS Y DIAMETRAL PITCH

TABLA 17 . 9

Módulos establecidos

Módulo	Preferente I	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5	6
		8	10	12	16	20	25	32	40	50
	Normal II	1,125	1,375	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	(6,5)
		7	9	11	14	18	22	28	36	45
Diametral Pitch	Preferente I	20	16	12	10	8	6	5	4	3
		2,50	2	1,50	1,25	1	0,75	0,625	0,50	
	Normal II	18	14	11	9	7	5,50	4,50	3,50	2,75
		2,25	1,75	0,875						

Relación de velocidad (número de revoluciones)

La relación de reducción (o de multiplicación) en los engranajes, se hace:

Velocidad lenta $i = 1/10$

Velocidad normal $i = 1/7$ a $1/6$

Velocidad elevada $i = 1/5$ (mejor $i = 1/4$ a $1/2$).

Nota — Trazado de los dientes, en las págs. 557 a 559.

CREMALLERAS-TIPO

Perfil de los dientes

Con carácter casi general, los flancos de los dientes están determinados por curvas cicloidales o por evolventes de círculo.

Los engranajes cicloidales son más perfectos y el frotamiento o desgaste de los dientes es más uniforme; obligan a un trazado para cada engranaje, engranando solamente la pareja correspondiente (no engranan con ruedas dentadas del mismo módulo pero de distinto número de dientes), y exige el mantenimiento exacto de la distancia entre centros.

Los engranajes de evolvente de círculo pueden engranar aunque varíe (ligeramente) la distancia entre centros, su trazado y tallado es más sencillo, y engranan entre sí todas las ruedas de la misma familia.

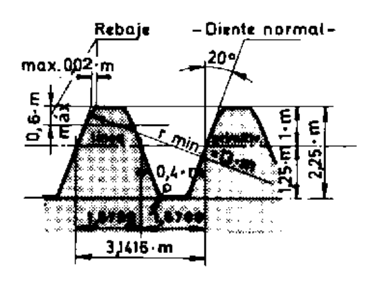
Cremallera-tipo

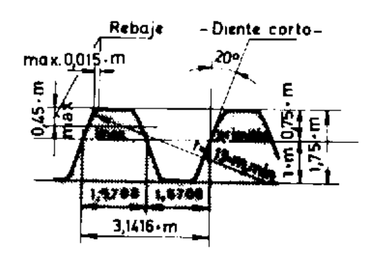
La cremallera-tipo es una barra dentada, de sección generalmente cuadrada, rectangular o circular; puede considerarse como una rueda de radio infinito.

Para cada sistema normalizado de engranajes se ha definido un número determinado de cremalleras tipo, cada una de las cuales es base de una familia de ruedas armónicas (del mismo módulo), que pueden engranar todas ellas entre sí y con la cremallera-tipo correspondiente. Los flancos de la cremallera-tipo son rectilíneos, con el mismo ángulo de inclinación respecto del eje (que es perpendicular al eje longitudinal de la cremallera), formando un conjunto simétrico; el valor del ángulo de los flancos es de 20° (igual al ángulo de presión). Se pueden emplear transistoriamente cremalleras-tipo de 14°30′ y de 15°, que deben evitarse en lo posible.

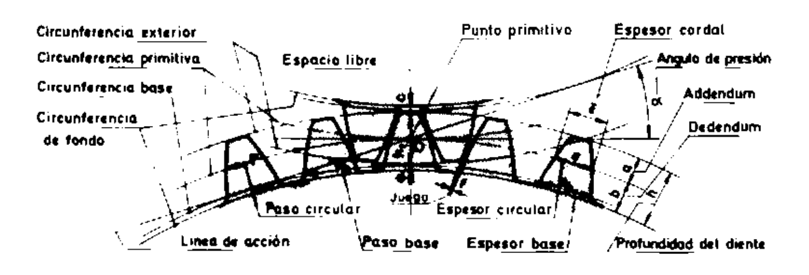
Las dimensiones de los dientes se obtienen al multiplicar por el módulo las medidas de la cremallera-tipo unidad; los dientes son de tipo normal, comúnmente utilizados, y de tipo corto, de dimensiones inferiores al de tipo normal, siendo utilizado para transmitir fuertes cargas, por ser su base más robusta, a la vez que con él se reducen las interferencias de engranaje, consiguiendo mejorar las condiciones generales, menor desgaste y marcha más silenciosa (en los países que tienen por unidad la pulgada, a un tipo de diente corto, se le denomina STUB).

Seguidamente se representan y acotan las cremalleras-tipo unidad (para módulo 1), tanto de diente normal como de diente corto.





Engranajes cilíndricos	***DENOMINACIONES Y RELACIONES EN EL DENTADO DEL SISTEMA DE MÓDULO***	TABLA 18 . 9

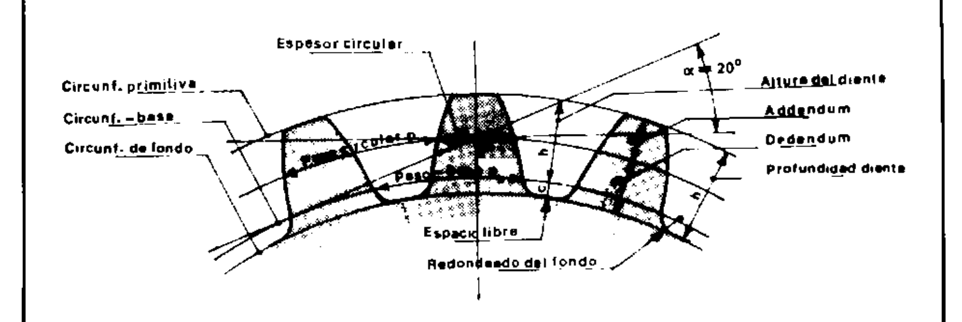


Especificación

- C Distancia entre centros
- c_p Circunferencia primitiva
- d Diámetro primitivo
- d_e Diámetro exterior
- d_b Diámetro base
- d_f Diámetro de fondo
- O Punto principal
- l_a Línea de acción
- α Ángulo de presión
- p Paso circular
- p_b Paso base
- Subíndice 1, piñón; subíndice 2, rueda
- m Módulo
- a Addendum (cabeza del diente)
- b Dedendum (pie del diente)
- c Espacio libre
- h Profundidad del diente
- e Espesor circular del diente
- e Espesor cordal del diente
- $\bar{h}_t$ Profundidad de trabajo
- e_b Espesor-base
- j Juego entre dientes
- B Longitud del diente
- z Número de dientes

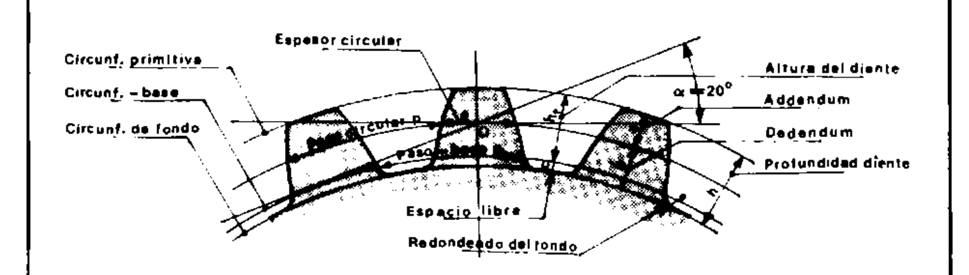
Distancia entre centros	$C = \frac{d_1 + d_2}{2} = m \cdot \left(\frac{z_1 + z_2}{2}\right)$
Diámetro primitivo	$d = m \cdot z \; (d_1 = m \cdot z_1 \; ; \; d_2 = m \cdot z_2)$
Módulo	$m = \frac{d}{z} \left(m = \frac{d_1}{z_1} = \frac{d_2}{z_2}\right)$
Addendum (cabeza del diente)	$a = 1 \cdot m$ ($a = 0,75 \cdot m$, en diente corto)
Dedendum (pie del diente)	$b = 1,25 \cdot m$ ($b = 1 \cdot m$, en diente corto)
Espacio libre del fondo	$c = 0,25 \cdot m$ ($c = 0,25 \cdot m$, en diente corto)
Profundidad del diente	$h = 2,25 \cdot m$ ($h = 1,75 \cdot m$, en diente corto)
Paso circular del diente	$p = \pi \cdot m = \frac{\pi \cdot d}{z}$
Espesor del diente	$e = \frac{\pi \cdot m}{2} = \frac{p}{2}$.
Número de dientes	$z = \frac{d}{m} \left(z_1 = \frac{d_1}{m} \; ; \; z_2 = \frac{d_2}{m}\right)$
Diámetro exterior	$d_e = m \cdot (z + 2) = d + 2 \cdot m$.
Diámetro base	$d_b = d \cos \alpha = m \cdot z \cdot \cos \alpha$
Paso base	$p_b = \frac{\pi \cdot d_b}{z} = p \cdot \cos \alpha = \pi \cdot m \cdot \cos \alpha$
Diámetro del fondo	$d_f = m \cdot (z - 2,5) = d - 2,5 \cdot m$
Longitud del diente	$B = 8$ a $10 \cdot m$. Según cálculo del diente, B puede llegar a $15 \cdot m$, y más

Engranajes cilíndricos	DIMENSIONES DE LOS DIENTES DE MÓDULO NORMALES	TABLA 19 . 9



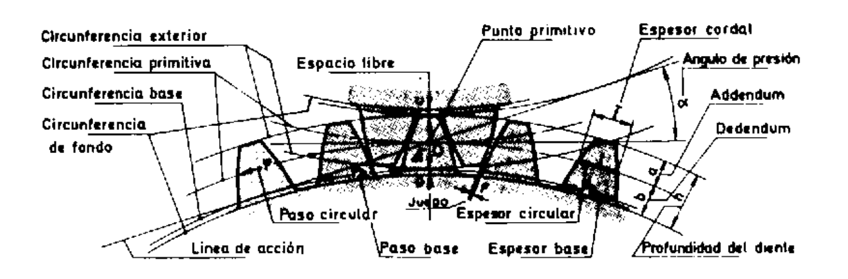
Módulo	Dimensiones en milímetros							Diametral Pitch
	a	*b*	*c*	*p*	*h*	*e*	p_b	
0,3	0,30	0,37	0,7	0,942	0,67	0,471	0,886	84,66
0,5	0,50	0,62	0,12	1,571	1,12	0,785	1,476	50,80
0,8	0,80	1,00	0,20	2,513	1,80	1,256	2,362	31,75
1	1,00	1,25	0,25	3,142	2,25	1,571	2,952	25,40
1,5	1,50	1,87	0,37	4,712	3,37	2,356	4,428	16,93
2	2,00	2,50	0,50	6,283	4,50	3,141	5,904	12,70
2,5	2,50	3,12	0,62	7,854	5,62	3,927	7,380	10,16
3	3,00	3,75	0,75	9,425	6,76	4,712	8,856	8,46
4	4,00	5,00	1,00	12,566	9,00	6,283	11,809	6,35
5	5,00	6,25	1,25	15,708	11,25	7,854	14,761	5,08
6	6,00	7,50	1,50	18,850	13,50	9,425	17,713	4,23
7	7,00	8,75	1,75	21,991	15,75	10,995	20,665	3,62
8	8,00	10,00	2,00	25,133	18,00	12,566	23,617	3,17
9	9,00	11,25	2,25	28,274	20,25	14,137	26,569	2,82
10	10,00	12,50	2,50	31,416	22,50	15,708	29,521	2,54
11	11,00	13,75	2,75	34,558	24,75	17,279	32,473	2,31
12	12,00	15,00	3,00	37,699	27,00	18,849	35,426	2,11
13	13,00	16,25	3,25	40,841	29,25	20,420	38,378	1,95
14	14,00	17,50	3,50	43,982	31,50	21,991	41,330	1,81
15	15,00	18,75	3,75	47,124	33,75	23,562	44,282	1,69
16	16,00	20,00	4,00	50,265	36,00	25,132	47,234	1,58
18	18,00	22,50	4,50	56,549	40,50	28,274	53,138	1,41
20	20,00	25,00	5,00	62,832	45,00	31,416	59,043	1,27
22	22,00	27,50	5,50	69,115	49,50	34,557	64,947	1,15
24	24,00	30,00	6,00	75,398	54,00	37,699	70,851	1,05
27	27,00	33,75	6,75	84,823	60,75	42,411	79,708	0,94
30	30,00	37,50	7,50	94,248	67,50	47,124	88,564	0,84
33	33,00	41,25	8,25	103,673	74,25	51,836	97,420	0,77
36	36,00	45,00	9,00	113,097	81,00	56,548	106,277	0,70
39	39,00	48,75	9,75	122,522	87,75	61,261	115,133	0,65
42	42,00	52,50	10,50	131,947	94,50	65,973	123,990	0,60
45	45,00	56,25	11,25	141,372	101,25	70,686	132,846	0,56
50	50,00	62,50	12,50	157,080	112,50	78,540	147,607	0,51

Engranajes cilíndricos	DIMENSIONES DE LOS DIENTES CORTOS DE MÓDULO	TABLA 20 . 9



Módulo	*Dimensiones en milímetros*							Diametral Pitch
	a	*b*	*c*	*p*	*e*	*h*	p_b	
0,3	0,22	0,30	0,08	0,942	0,471	0,52	0,886	84,66
0,5	0,37	0,50	0,13	1,571	0,785	0,87	1,476	50,80
0,8	0,60	0,80	0,20	2,513	1,256	1,40	2,362	31,75
1	0,75	1,00	0,25	3,142	1,571	1,75	2,952	25,40
1,5	1,12	1,50	0,30	4,712	2,356	2,62	4,428	16,93
2	1,50	2,00	0,50	6,283	3,141	3,50	5,904	12,70
2,5	1,87	2,50	0,63	7,854	3,927	4,37	7,380	10,16
3	2,25	3,00	0,75	9,425	4,712	5,25	8,856	8,46
4	3,00	4,00	1,00	12,566	6,283	7,00	11,809	6,35
5	3,75	5,00	1,25	15,708	7,854	8,75	14,761	5,08
6	4,50	6,00	1,50	18,850	9,425	10,50	17,713	4,23
7	5,25	7,00	1,75	21,991	10,995	12,25	20,665	3,62
8	6,00	8,00	2,00	25,133	12,566	14,00	23,617	3,17
9	6,75	9,00	2,25	28,274	14,137	15,75	26,569	2,82
10	7,50	10,00	2,50	31,416	15,708	17,50	29,521	2,54
11	8,25	11,00	2,75	34,558	17,279	19,25	32,473	2,31
12	9,00	12,00	3,00	37,699	18,849	21,00	35,426	2,11
13	9,75	13,00	3,25	40,841	20,420	22,75	38,378	1,95
14	10,50	14,00	3,50	43,982	21,991	24,50	41,330	1,81
15	11,25	15,00	3,75	47,124	23,562	26,25	44,282	1,69
16	12,00	16,00	4,00	50,265	25,132	28,00	47,234	1,58
18	13,50	18,00	4,50	56,549	28,274	31,50	53,138	1,41
20	15,00	20,00	5,00	62,832	31,416	35,00	59,043	1,27
22	16,50	22,00	5,50	69,115	34,557	38,50	64,947	1,15
24	18,00	24,00	6,00	75,398	37,699	42,00	70,851	1,05
27	20,25	27,00	6,75	84,823	42,411	47,25	79,708	0,94
30	22,50	30,00	7,50	94,248	47,124	52,50	88,564	0,84
33	24,75	33,00	8,25	103,673	51,836	57,75	97,420	0,77
36	27,00	36,00	9,00	113,097	56,548	63,00	106,277	0,70
39	29,25	39,00	9,75	122,522	61,261	68,25	115,133	0,65
42	31,50	42,00	10,50	131,947	65,973	73,50	123,990	0,60
45	33,75	45,00	11,25	141,372	70,686	78,75	132,846	0,56
50	37,50	50,00	12,50	157,080	78,540	87,50	147,607	0,51

Engranajes cilíndricos	***DENOMINACIONES Y RELACIONES EN EL DENTADO DE PASO DIAMETRAL Y CIRCULAR***	TABLA 21 . 9



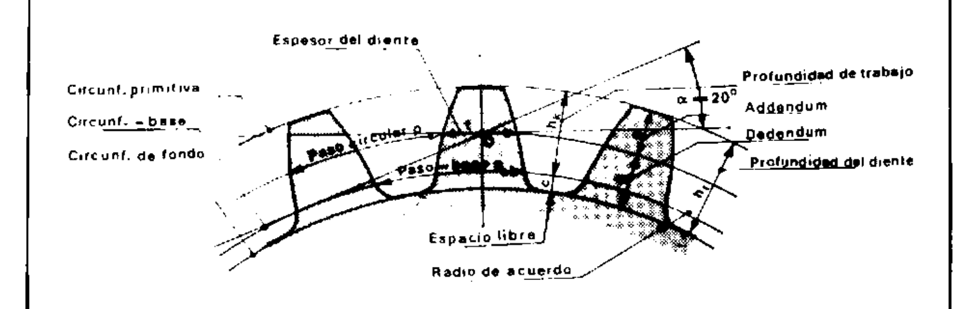
ESPECIFICACIÓN

C	Distancia entre centros	a	Addendum
D	Diámetro primitivo	b	Dedendum
D_G	Diámetro primitivo de la rueda	c	Espacio libre del fondo
D_P	Diámetro primitivo del piñón	a_G	Addendum de la rueda
D_B	Diámetro base	a_P	Addendum del piñón
D_R	Diámetro de fondo (pie)	h_t	Altura total del diente
D_0	Diámetro exterior	h_k	Profundidad de trabajo
ϕ	Ángulo de presión	N	Número de dientes
P	Paso diametral (diametral Pitch)	N_G	Número de dientes de la rueda
p	Paso circular (circular Pitch)	N_P	Número de dientes del piñón
m_G	Relación de engranaje	F	Longitud del diente

Distancia entre centros	$C = \frac{N_G + N_P}{2P}$	Distancia entre centros	$C = \frac{p(N_G + N_P)}{2 \cdot \pi}$
Distancia entre centros	$C = \frac{D_G + D_P}{2}$	Distancia entre centros	$C = \frac{N_P(m_G + 1)}{2P}$
Diámetro primitivo	$D = \frac{N}{P}$	Diámetro primitivo	$D = \frac{p \cdot N}{\pi}$
Paso diametral	$P = \frac{N}{D}$	Paso circular	$p = \frac{\pi \cdot D}{N}$
Paso diametral	$P = \frac{\pi}{p}$	Paso circular	$p = \frac{\pi}{P}$
Paso diametral	$P = \frac{N_P(m_G + 1)}{2C}$	Diámetro - base	$D_B = D \cdot \cos\phi$
Diámetro exterior	$D_0 = \frac{N + 2}{P}$	Diámetro exterior	$D_0 = \frac{p(N + 2)}{\pi}$
Diámetro exterior ("stub")	$D_0 = \frac{1,6 + N}{P}$	Diámetro exterior	$D_0 = D + 2 \cdot a$
Número de dientes	$N = P \cdot D$	Diámetro exterio ("stub")	$D_0 = \frac{p(N + 1,6)}{\pi}$
Relación de engranaje	$m_G = \frac{N_G}{N_P}$	Número de dientes	$N = \frac{\pi \cdot D}{p}$
Diámetro de fondo	$D_R = D - 2 \cdot b$	Paso base	$p_b = p \cdot \cos\phi$

NOTA. – El sistema de paso diametral es aplicado a la mayor parte de los engranajes (anglosajones); si los dientes son ligeramente mayores que el paso diametral, se suele emplear el sistema circular. El paso circular es común en los engranajes de tornillo sin fin, y en los engranajes fundidos.

Engranajes cilíndricos	**DIMENSIONES DE LOS DIENTES NORMALES DE PASO DIAMETRAL**	TABLA 22 . 9



Paso diametral P	a	b	c	p	h_t	t	p_b	Módulo m
	Dimensiones en pulgadas							
1/2	2,0000	2,5000	0,5000	6,2832	4,5000	3,1416	5,9042	50,80
3/4	1,3333	1,6666	0,3333	4,1888	3,0000	2,0944	3,9362	33,86
1	1,0000	1,2500	0,2500	3,1416	2,2500	1,5708	2,9521	25,40
1 1/4	0,8000	1,0000	0,2000	2,5132	1,8000	1,2566	2,3617	20,32
1 1/2	0,6666	0,8333	0,1666	2,0944	1,5000	1,0472	1,9681	16,93
1 3/4	0,5714	0,7143	0,1428	1,7952	1,2857	0,8976	1,6869	14,51
2	0,5000	0,6250	0,1250	1,5708	1,1250	0,7854	1,4760	12,70
2 1/4	0,4444	0,5555	0,1111	1,3962	1,0000	0,6981	1,3120	11,29
2 1/2	0,4000	0,5000	0,1000	1,2566	0,9000	0,6283	1,1808	10,16
2 3/4	0,3636	0,4545	0,0909	1,1424	0,8182	0,5712	1,0735	9,23
3	0,3333	0,4166	0,0833	1,0472	0,7500	0,5236	0,9840	8,47
3 1/2	0,2857	0,3571	0,0714	0,8976	0,6428	0,4488	0,8434	7,26
4	0,2500	0,3125	0,0625	0,7854	0,5625	0,3927	0,7380	6,35
5	0,2000	0,2500	0,0500	0,6283	0,4500	0,3141	0,5904	5,08
6	0,6666	0,2083	0,0416	0,5236	0,3750	0,2618	0,4920	4,23
7	0,1428	0,1786	0,0357	0,4488	0,3214	0,2244	0,4217	3,63
8	0,1250	0,1562	0,0312	0,3927	0,2812	0,1963	0,3690	3,17
9	0,1111	0,1389	0,0277	0,3490	0,2500	0,1745	0,3280	2,82
10	0,1000	0,1250	0,0250	0,3141	0,2250	0,1571	0,2952	2,54
12	0,0833	0,1041	0,0208	0,2618	0,1875	0,1309	0,2460	2,11
14	0,0714	0,0893	0,0178	0,2244	0,1607	0,1122	0,2108	1,81
16	0,0625	0,0781	0,0156	0,1963	0,1406	0,0982	0,1845	1,59
18	0,0555	0,0694	0,0139	0,1745	0,1250	0,0872	0,1640	1,41
20	0,0500	0,0625	0,0125	0,1571	0,1125	0,0785	0,1476	1,27
24	0,0416	0,0521	0,0104	0,1309	0,0937	0,0654	0,1230	1,06
28	0,0357	0,0446	0,0089	0,1122	0,0803	0,0561	0,1054	0,907
30	0,0333	0,0416	0,0083	0,1047	0,0750	0,0523	0,0984	0,846
32	0,0312	0,0390	0,0078	0,0982	0,0703	0,0491	0,0922	0,794
36	0,0278	0,0347	0,0069	0,0872	0,0625	0,0436	0,0820	0,705
40	0,0250	0,0312	0,0062	0,0785	0,0562	0,0392	0,0738	0,635
48	0,0208	0,0260	0,0052	0,0654	0,0469	0,0327	0,0615	0,529
56	0,0178	0,0223	0,0044	0,0561	0,0402	0,0280	0,0527	0,453
64	0,0156	0,0195	0,0039	0,0491	0,0351	0,0245	0,0461	0,397

PASO DIAMETRAL Y PASO CIRCULAR
RELACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE ENGRANAJE

Sistema de paso diametral (diametral Pitch)

El sistema de paso diametral está caracterizado por el cociente del número de dientes por el diámetro primitivo expresado en pulgadas

$$P = \frac{N}{D}$$

Sistema de paso circular (circular Pitch)

Este sistema de paso circular, está definido por el cociente de la circunferencia primitiva por el número de dientes, valor que se expresa en pulgadas

$$p = \frac{\pi \cdot D}{N}$$

En ambos sistemas, el número de dientes está definido por un número entero.

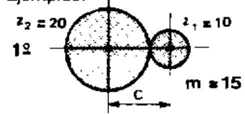
Relaciones entre los sistemas de engranaje

a) Módulo m. $p = \frac{25{,}4 \cdot p}{m}$; $p = \frac{\pi \cdot m}{25{,}4}$

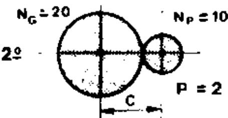
b) Paso diametral P. $m = \frac{25{,}4}{P}$; $p = \frac{\pi}{P}$

c) Paso circular p. $m = \frac{25{,}4 \cdot p}{\pi}$; $p = \frac{\pi}{p}$

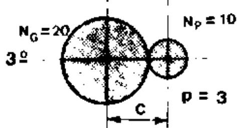




$C = \frac{15 \times (20 + 10)}{2} = 225$ mm. $P = \frac{25{,}4}{15} = 1{,}6933''$; $p = \frac{\pi \times 15}{25{,}4} = 1{,}8553''$

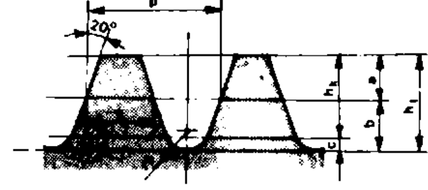


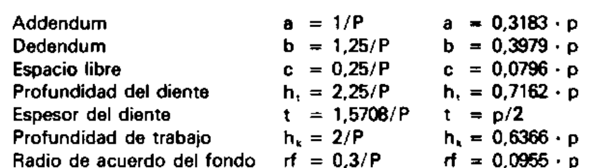
$C = \frac{20 + 10}{2 \times 2} = 7{,}5''$ (pulg.); $m = \frac{25{,}4}{2} = 12{,}7$; $p = \frac{\pi}{2} = 1{,}5708$



$C = \frac{3 \times (20 + 10)}{2 \times \pi} = 14{,}3239''$; $m = \frac{25{,}4 \times 3}{\pi} = 24{,}5$; $P = \frac{\pi}{3} = 1{,}0472$

Cremallera base (tipo)



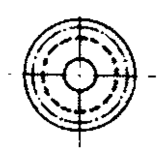


Addendum	$a = 1/P$	$a = 0{,}3183 \cdot p$
Dedendum	$b = 1{,}25/P$	$b = 0{,}3979 \cdot p$
Espacio libre	$c = 0{,}25/P$	$c = 0{,}0796 \cdot p$
Profundidad del diente	$h_t = 2{,}25/P$	$h_t = 0{,}7162 \cdot p$
Espesor del diente	$t = 1{,}5708/P$	$t = p/2$
Profundidad de trabajo	$h_k = 2/P$	$h_k = 0{,}6366 \cdot p$
Radio de acuerdo del fondo	$rf = 0{,}3/P$	$rf = 0{,}0955 \cdot p$

Engranajes cilíndricos	RELACIONES ENTRE EL MÓDULO. PASO DIAMETRAL Y PASO CIRCULAR	TABLA 24 . 9

RELACIONES ENTRE EL MÓDULO. PASO DIAMETRAL Y PASO CIRCULAR

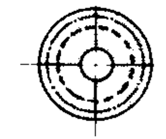
MÓDULO



Paso en milimetros

Paso $= \pi \cdot m$

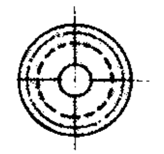
DIAMETRAL PITCH



Paso en milimetros

Paso $= \dfrac{25{,}4 \cdot \pi}{P}$

CIRCULAR PITCH



Paso en milímetros

Paso $= 25{,}4 \cdot p$

Módulo m	*Diametral Pitch P*	*Circular Pitch p*	*PASO mm*	*Diámetro Pitch P*	*Circular Pitch p*	*Módulo m*	*PASO mm*	*Circular Pitch p*	*Diametral Pitch P*	*Módulo m*	*PASO mm*
0,3	84,66	0,037	0,942	1/2	6,283	50,80	159,593	4	0,785	32,34	101,60
0,5	50,80	0,062	1,571	3/4	4,189	33,86	106,395	3 1/2	0,897	28,30	88,90
0,8	31,75	0,099	2,513	1	3,141	25,40	79,796	3	1,047	24,25	76,20
1	25,40	0,123	3,142	1 1/4	2,513	20,32	63,837	2 3/4	1,142	22,23	69,85
1,5	16,93	0,185	4,712	1 1/2	2,094	16,93	53,197	2 1/2	1,256	20,21	63,50
2	12,70	0,247	6,283	1 3/4	1,795	14,51	45,598	2 1/4	1,396	18,19	57,15
2,5	10,16	0,309	7,854	2	1,571	12,70	39,898	2	1,571	16,17	50,80
3	8,46	0,371	9,425	2 1/4	1,396	11,29	35,465	1 7/8	1,675	15,16	47,625
4	6,35	0,495	12,566	2 1/2	1,256	10,16	31,918	1 3/4	1,795	14,15	44,45
5	5,08	0,618	15,708	2 3/4	1,142	9,23	29,017	1 5/8	1,933	13,14	41,275
6	4,23	0,742	18,850	3	1,047	8,47	26,599	1 1/2	2,094	12,13	38,10
7	3,62	0,866	21,991	3 1/2	0,897	7,26	22,799	1 7/16	2,185	11,62	37,512
8	3,17	0,989	25,133	4	0,785	6,35	19,949	1 3/8	2,285	11,11	34,925
9	2,82	1,113	28,274	5	0,628	5,08	15,959	1 5/16	2,393	10,61	33,337
10	2,54	1,237	31,416	6	0,523	4,23	13,299	1 1/4	2,513	10,10	31,75
11	2,31	1,361	34,558	7	0,449	3,63	11,399	1 1/8	2,792	9,09	28,575
12	2,11	1,482	37,699	8	0,392	3,17	9,974	1 1/16	2,957	8,59	26,987
13	1,95	1,608	40,841	9	0,349	2,82	8,866	1	3,141	8,08	25,40
14	1,81	1,731	43,982	10	0,314	2,54	7,979	15/16	3,351	7,58	23,812
15	1,69	1,855	47,124	12	0,262	2,11	6,650	7/8	3,590	7,07	22,225
16	1,58	1,979	50,265	14	0,224	1,81	5,700	13/16	3,866	6,57	20,637
18	1,41	2,226	56,549	16	0,196	1,59	4,987	3/4	4,189	6,06	19,05
20	1,27	2,473	62,832	18	0,174	1,41	4,433	11/16	4,569	5,59	17,462
22	1,15	2,721	69,115	20	0,157	1,27	3,990	5/8	5,026	5,05	15,875
24	1,05	2,968	75,398	24	0,131	1,06	3,325	9/16	5,585	4,55	14,287
27	0,94	3,339	84,823	28	0,112	0,907	2,850	1/2	6,283	4,04	12,70
30	0,84	3,710	94,248	30	0,105	0,846	2,660	7/16	7,181	3,54	11,112
33	0,77	4,081	103,673	32	0,098	0,794	2,493	3/8	8,377	3,03	9,525
36	0,70	4,452	113,097	36	0,087	0,705	2,216	5/16	10,053	2,52	7,937
39	0,65	4,824	122,522	40	0,078	0,635	1,995	1/4	12,566	2,02	6,35
42	0,60	5,195	131,947	48	0,065	0,529	1,662	3/16	16,755	1,51	4,762
45	0,56	5,566	141,372	56	0,056	0,453	1,425	1/8	25,133	1,01	3,175
50	0,51	6,184	157,080	64	0,049	0,397	1,249	1/16	50,265	0,505	1,587

Interferencias de tallado o de funcionamiento

Cuando el número de dientes del piñón de un engranaje es reducido, se origina una interferencia, cuya consecuencia es el vaciado que se produce en la raíz del diente durante la operación de tallado, o el que es necesario que exista para dar paso al diente de la rueda conjugada normal.

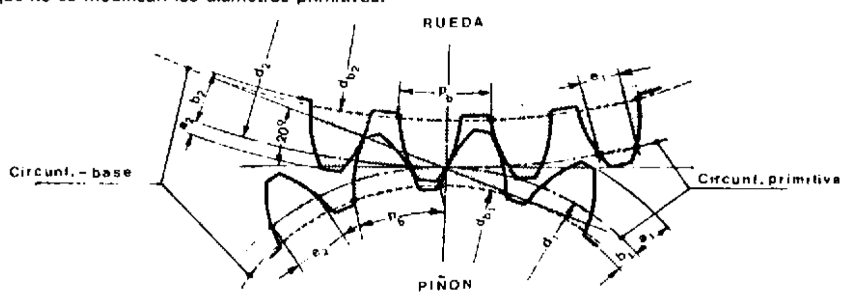
El número de dientes mínimo del piñón para que la interferencia pueda ser considerada como nula, es:

$$z_1 = \frac{2}{\text{sen}\ \alpha^2}$$, siendo α el ángulo de presión.

En engranajes con $\alpha = 20°$ resulta:

$$z_1 = \frac{2}{0{,}342^2} = 17{,}097 \simeq 17 \text{ dientes}$$

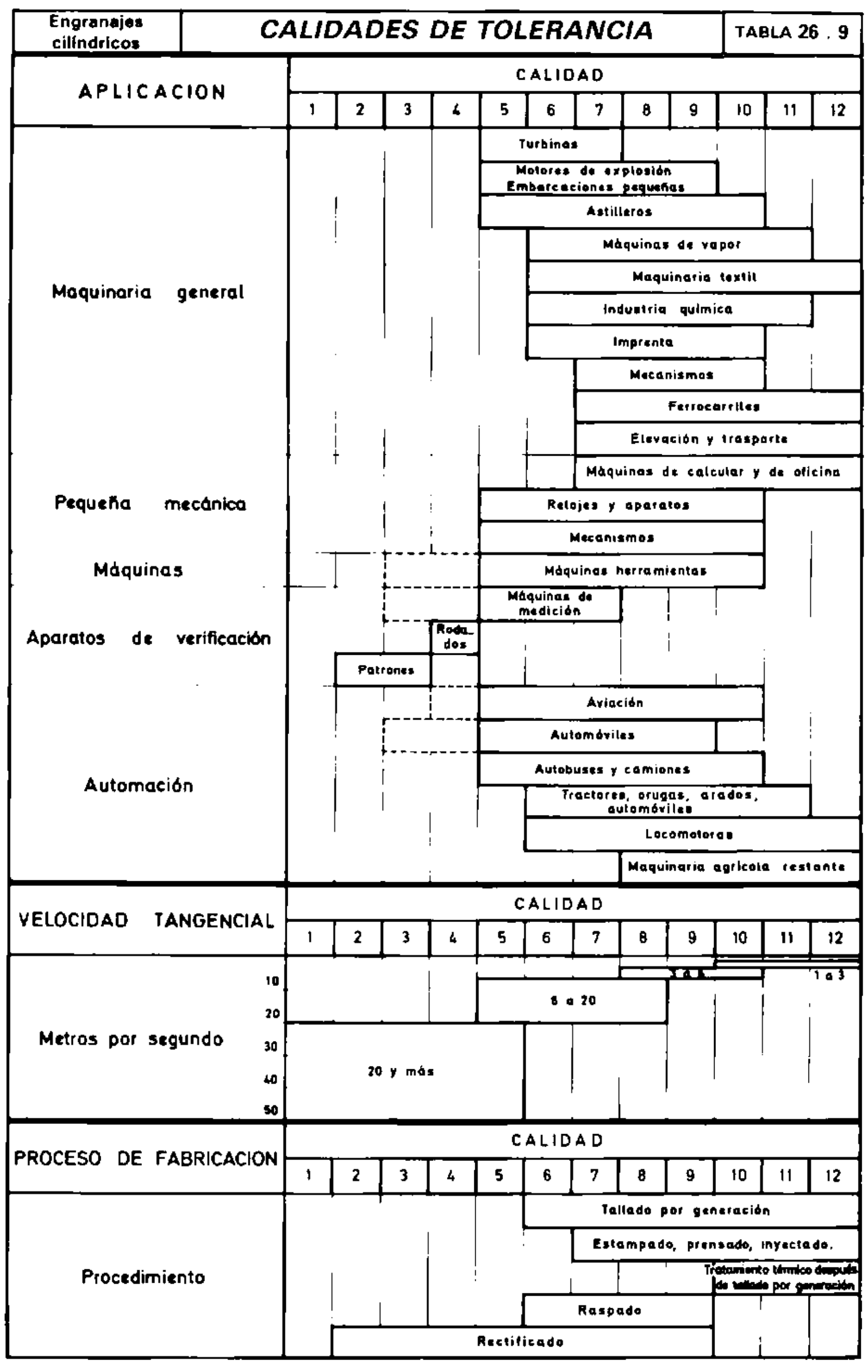
Para evitar las interferencias se efectúan correcciones de dentado, que además producen una mejora de funcionamiento del engranaje; la corrección consiste en el desplazamiento de los perfiles de los dientes con o sin variación de la distancia entre centros. En la corrección con variación de la distancia entre centros, el aumento de diámetro es positivo para el piñón y la rueda, y en la corrección sin variación de la distancia entre centros, el aumento positivo del diámetro del piñón supone la misma corrección negativa (disminución) en el diámetro de la rueda, sin que sufra variación la relación de velocidad, puesto que no se modifican los diámetros primitivos.



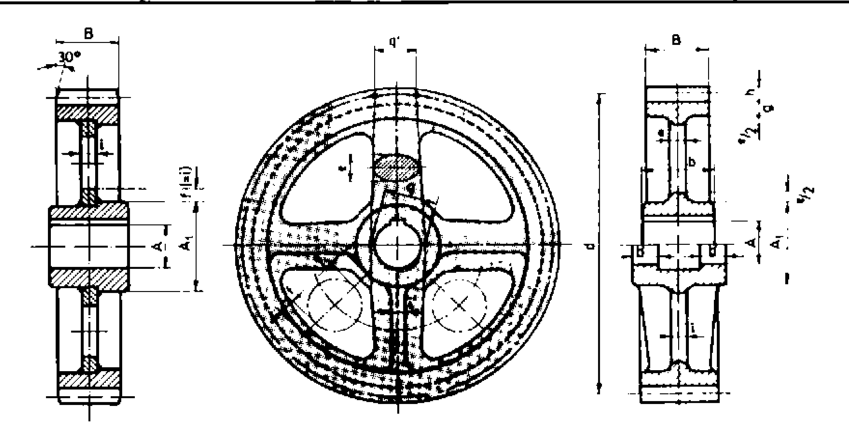
Seguidamente y coincidiendo con la Norma ANSI B6-1968, se exponen las alturas de las cabezas (addendum) y gruesos circulares de los dientes corregidos, para piñón la cabeza aumentada y reducida para la rueda, en engranajes sistema módulo o paso diametral.

Número de dientes de piñón $z_1 (N_p)$	*Altura de la cabeza*		*Grueso circular*		*Número de dientes de la rueda* $z_2 (N_G)$, *min.*
	Piñón $a_1 (a_p)$	*Rueda* $a_2 (a_G)$	*Piñón* $e_1 (t_p)$	*rueda* $e_2 (t_G)$	
10	1,468	0,532	1,912	1,230	25
11	1,409	0,591	1,868	1,273	24
12	1,351	0,649	1,826	1,315	23
13	1,292	0,708	1,783	1,358	22
14	1,234	0,766	1,741	1,400	21
15	1,175	0,825	1,698	1,443	20
16	1,117	0,883	1,656	1,486	19
17	1,058	0,942	1,613	1,529	18

Los valores de la Tabla corresponden a un ángulo de presión de 20°, y son para "módulo" o "paso diametral" unidad. Para otros módulos se multiplicarán estos por los valores expresados en la Tabla para el número de dientes correspondiente, y para otros pasos diametrales, se dividirán los valores de la Tabla que correspondan a su número de dientes por el paso diametral respectivo.


Engranajes cilíndricos
CALIDADES DE TOLERANCIA
TABLA 26 . 9
APLICACION
CALIDAD
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Maquinaria general
Turbinas
Motores de explosión
Embarcaciones pequeñas
Astilleros
Máquinas de vapor
Maquinaria textil
Industria química
Imprenta
Mecanismos
Ferrocarriles
Elevación y trasporte
Máquinas de calcular y de oficina
Pequeña mecánica
Relojes y aparatos
Mecanismos
Máquinas
Máquinas herramientas
Aparatos de verificación
Máquinas de medición
Roda_ dos
Patrones
Automación
Aviación
Automóviles
Autobuses y camiones
Tractores, orugas, arados, automóviles
Locomotoras
Maquinaria agrícola restante
VELOCIDAD TANGENCIAL
CALIDAD
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Metros por segundo
10
20
30
40
50
1 a 3
6 a 20
20 y más
PROCESO DE FABRICACION
CALIDAD
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
Procedimiento
Tallado por generación
Estampado, prensado, inyectado.
Tratamiento térmico después de tallado por generación
Raspado
Rectificado

DIMENSIONES PRÁCTICAS DE LAS RUEDAS DENTADAS



El diámetro del cubo se hace. $D_1 = 1{,}8$ a $2 \cdot D$ (D, diámetro del eje).

La longitud, $l = 1{,}2$ a $1{,}5 \cdot D$

Si la rueda es ancha, el cubo se dispondrá según se indica en la parte inferior de la sección de la rueda (vista de la derecha), haciéndose

$$l' = \frac{l}{2}$$

Corona

Siendo m el módulo, la altura del diente es $h = 2{,}25$ m.

El espesor de la corona, es $g = 1{,}6$ a $1{,}8 \cdot m$, o bien, $g = 0{,}7$ a $0{,}8 \cdot h$.

El ancho b del diente (corona) se dispone de acuerdo con el valor λ (= b : m) del cálculo; normalmente se hace $b = 10$ a $15 \cdot m$ (también $b = 8 \cdot m$).

Alma

El espesor del alma suele hacerse, $i = 1{,}8$ a $2 \cdot m$, o $i \approx 0{,}8$ h.

Si se disponen nervios laterales, el espesor de éstos se hará $i' = 0{,}8$ a $1 \cdot i$, aplicándose también estos valores para los radios o brazos en cruz.

En las almas con agujeros circulares, la distancia f de éstos al cubo y a la corona se hace igual o ligeramente mayor que el espesor del alma

$$f \geqq i$$

Brazos o radios

En ruedas pequeñas, el número de brazos generalmente se hace igual a cuatro; en ruedas grandes se dispone:

para d < 2.500 mm., 5 ó 6 brazos

para d > 2.500 mm. y < 4.000 mm., 7 u 8 brazos

para d > 4.000 mm., 9 ó 10 brazos.

Los brazos se calcularán como vigas empotradas en el cubo, de longitud l_1; hasta ocho brazos se considera que el momento de torsión $M_t = F \cdot l_1$ es transmitido por dos brazos, y por cuatro brazos cuando el número de éstos es de ocho o más,

$$M_t = \frac{F \cdot l_1}{2} \text{ o } M_t = \frac{F \cdot l_1}{4}$$

En ruedas pequeñas el ancho del brazo se hace, $q = 1{,}1$ a $1{,}2 \cdot D$, y en la corona, $q' = 0{,}7$ a $0{,}8 \cdot b$.

El espesor de los brazos de sección elíptica se hace, $e = 0{,}4$ a $0{,}5 \cdot q$.

En poleas fundidas, la conicidad del cubo y de la corona (salida de tierra) se hace del 3 al 5 por 100.

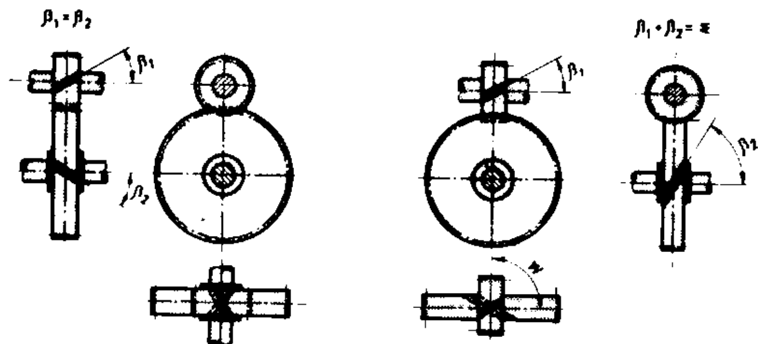
NOTA. — Las dimensiones prácticas expuestas, pueden utilizarse para otra clase de ruedas, acomodando la corona al servicio correspondiente.

Nota.— Cálculo y representación de ruedas dentadas, en las págs. 552 a 556 y 560.

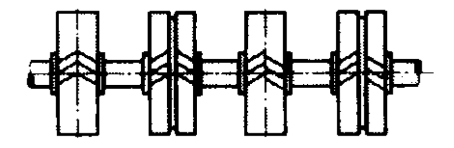
ENGRANAJES CILÍNDRICOS DE DENTADO HELICOIDAL

Caracterización

Los engranajes cilíndricos de dentado helicoidal están caracterizados por su dentado oblicuo con relación al eje de rotación. En estos engranajes el movimiento se transmite de modo igual que en los cilíndricos de dentado recto, pero es más suave; tienen el inconveniente de producir empujes axiales. El ancho B del engranaje debe ser lo suficiente grande para que estén engranando, por lo menos, dos dientes a la vez; los ejes de los engranajes helicoidales pueden ser paralelos o cruzarse, generalmente a 90°.



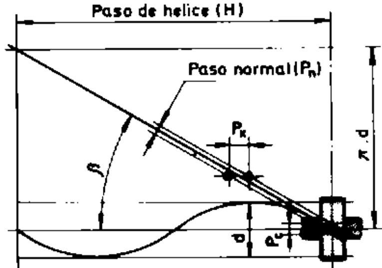
Para eliminar el empuje axial, el dentado puede hacerse doble helicoidal continuo o interrumpido, y doble helicoidal intercalado continuo o interrumpido.



Inclinación del dentado

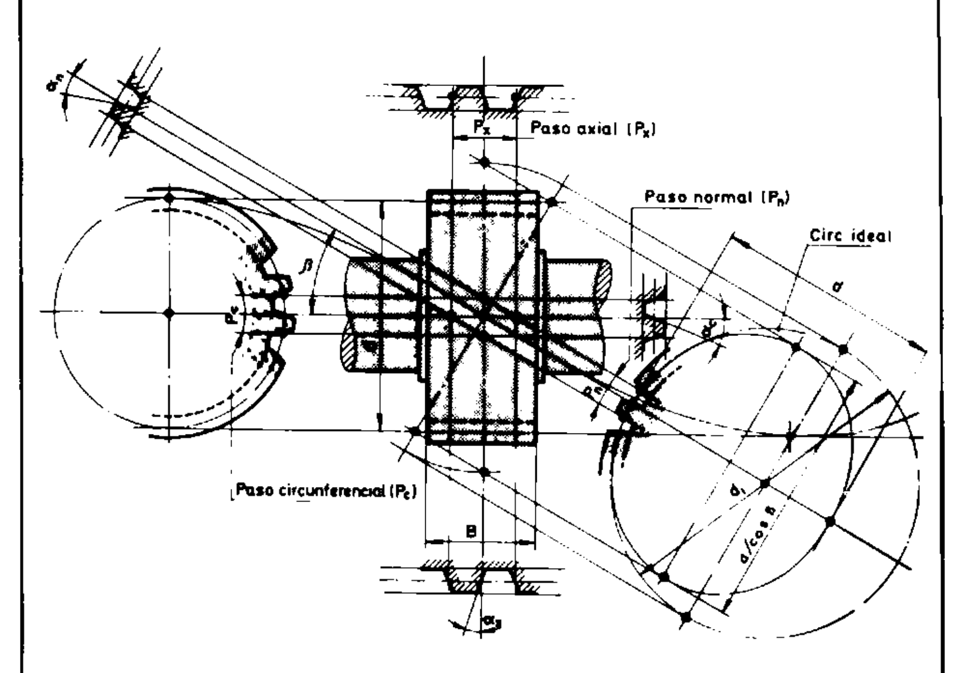
En los engranajes de ejes paralelos, la inclinación del dentado generalmente se hace de 10° a 20° para evitar empujes excesivos, igual en las dos ruedas pero de mano contraria; el número de dientes mínimo, recomendado, es $z \geq 12$. En los engranajes de ejes oblicuos de inclinación del dentado también puede ser cualquiera pero del mismo sentido en las dos ruedas; la suma de los ángulos del dentado, $\Sigma = \beta_1 + \beta_2$, es igual al ángulo que forman los ejes de las ruedas al cruzarse (sin cortarse), siendo $\beta_1 \leq \beta_2$.

El avance en sentido axial de la hélice del dentado correspondiente al diámetro primitivo, en una vuelta completa de la rueda, es el paso H de la hélice.



Las funciones y valores generales de los términos de los engranajes cilíndricos de dentado recto, son de aplicación a los cilíndricos de dentado helicoidal.

ENGRANAJES CILÍNDRICOS HELICOIDALES DE EJES PARALELOS



Disposiciones para el cálculo de los elementos

Al igual que en los engranajes cilíndricos de dentado recto, el módulo, característica de magnitudes, se fija mediante el cálculo de resistencia, según la potencia a transmitir y la velocidad (número de revoluciones de las ruedas que engranan); el módulo calculado, corresponde al normal o real, que redondeado (por exceso) debe coincidir con los normales de la Tabla 17 . 9; establecida la inclinación β del diente (de acuerdo con la velocidad), se cuenta con los datos necesarios para el cálculo de las dimensiones de la rueda, considerando conocido el número de diente z.

El diámetro exterior de la rueda $\left(d_e = \dfrac{m_n \cdot z}{\cos \beta} + 2 \cdot m_r \right)$ servirá para el torneado de la rueda antes de la operación de tallado.

La sección de la rueda según un plano perpendicular a la inclinación de los dientes, es una elipse, cuyos ejes son d y $\dfrac{d}{\cos \beta}$; si se ha de trazar el diente esta elipse será substituida por una circunferencia ideal de diámetro $d_i = \dfrac{d}{\cos^2 \beta}$.

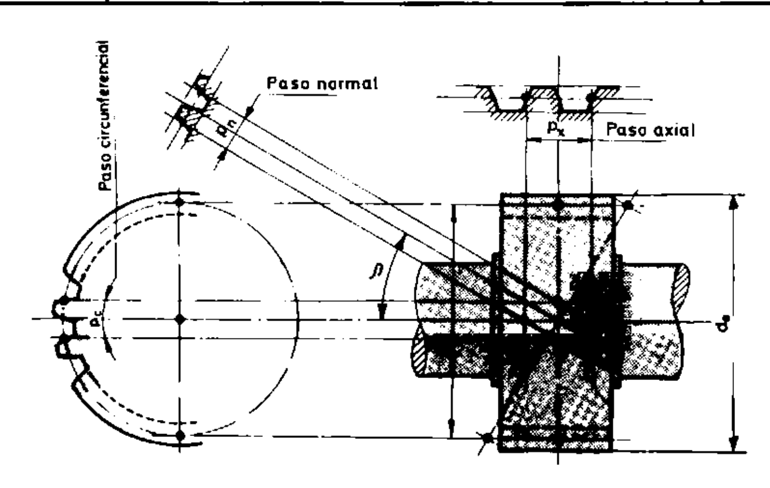
En los engranajes helicoidales de ejes paralelos la inclinación del dentado, igual para las dos ruedas pero de mano contraria, puede ser cualquiera, pero se recomienda:

Velocidad lenta	β = 5° a 10°
Velocidad normal	β = 15° a 25°
Velocidad elevada	$\beta \geq$ 30°

La relación de reducción (o de multiplicación) igual que en los engranajes de dentado recto, se recomienda:

Velocidad lenta	i = 1/10
Velocidad normal	i = 1/7 a 1/6
Velocidad elevada	i $\leq$ 1/5 (mejor i = 1/4 a 1/2)

Engranajes cilíndricos	**_DENOMINACIONES Y RELACIONES EN EL DENTADO HELICOIDAL DEL SISTEMA DE MÓDULO_**	**TABLA 28 . 9**



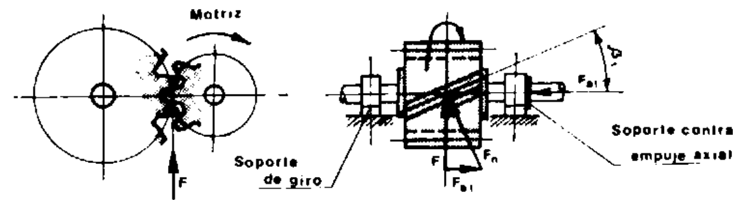
Diámetro primitivo	$d = \frac{m_n}{\cos\beta} \cdot z = m_c \cdot z$
Módulo normal o real	$m_n = \frac{d}{z} \cdot \cos\beta = \frac{p_n}{\pi} = m_c \cdot \cos\beta$
Paso normal o real	$p_n = \pi \cdot m_n = \frac{\pi \cdot d}{z} \cdot \cos\beta = p_c \cdot \cos\beta$
Módulo circunferencial o aparente	$m_c = \frac{d}{z} = \frac{p_c}{\pi} = \frac{m_n}{\cos\beta}$
Paso circunferencial o aparente	$p_c = \frac{\pi \cdot d}{z} = \pi \cdot m_c = \frac{p_n}{\cos\beta}$
Angulo de la hélice	$\mathrm{tg}\,\beta = \frac{\pi \cdot d}{H}$; $\cos\beta = \frac{m_n}{m_c}$
Paso de la hélice	$H = \frac{\pi \cdot d}{\mathrm{tg}\,\beta} = p_x \cdot z$
Paso axial	$p_x = \frac{H}{z} = \frac{p_c}{\mathrm{tg}\,\beta} = \frac{p_n}{\mathrm{sen}\,\beta}$
Número de dientes	$z = \frac{d \cdot \cos\beta}{m_n} = \frac{d}{m_c}$
Espesor cordal del diente	$\grave{e} = \frac{m_n \cdot z}{\cos\beta} \cdot \mathrm{sen}\,\frac{90}{z} = m_c \cdot z \cdot \mathrm{sen}\,\frac{90}{z}$
Altura cordal del diente	$a_c = \frac{m_n}{\cos\beta}\left[1 + \frac{z}{2} \cdot \left(1 - \cos\frac{90}{z}\right)\right] = m_c \left[1 + \frac{z}{2} \cdot \left(1 - \cos\frac{90}{z}\right)\right]$
Addendum	$a = m_n = m_c \cdot \cos\beta$
Dedendum	$b = 1{,}25 \cdot m_n = 1{,}25 \cdot m_c \cdot \cos\beta$.
Diámetro exterior	$d_e = \frac{m_n \cdot z}{\cos\beta} + 2\,m_n = m_c \cdot (z + 2)$
Distancia entre centros	$C = \frac{d_1 + d_2}{2}$
Diámetro ideal (para trazado)	$d_i = \frac{d}{\cos^2\beta}$
Número ideal de dientes (fresadora)	$z_i = \frac{z}{\cos^3\beta}$, para trazado en fresadora universal (Tabla 15.12).

EMPUJE AXIAL EN LAS RUEDAS DE DENTADO HELICOIDAL

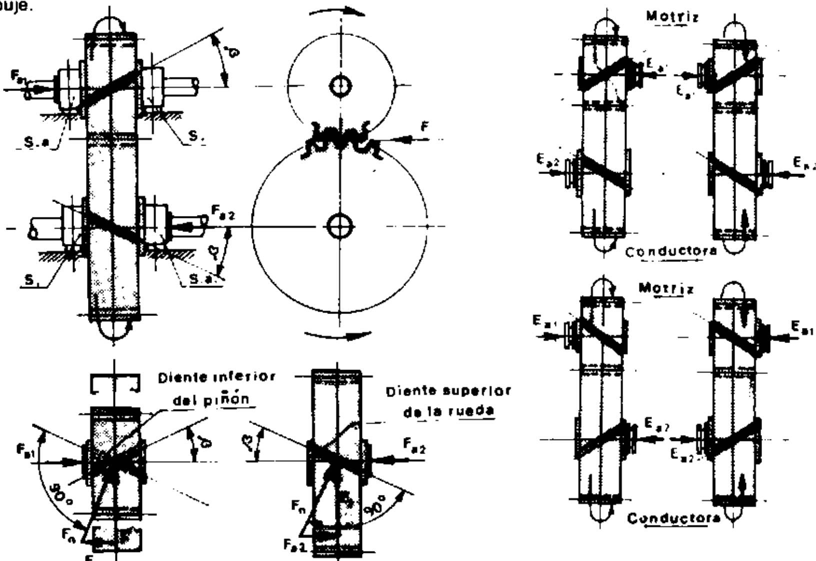
Valor del empuje axial

La fuerza F del piñón (rueda motriz) se descompone en la F_n perpendicular al diente y en la F_{a1} o fuerza axial, que tiene que ser absorbida por el soporte contra empuje axial S_a dispuesto en el lado opuesto a la dirección de la fuerza F_{a1}; la fuerza F_n aplicada perpendicularmente al diente de la rueda conducida, se descompone en la fuerza F_2 perpendicular al eje de su rueda y que la pone en movimiento, y en la F_{a2} que produce el empuje axial y que se absorberá por el soporte axial correspondiente, como la F_{a1}.

El valor de F_2 es igual a F; el perpendicular al diente, $F_n = \frac{F}{\cos \beta}$, y los de los empujes axiales, entre sí pero de mano contraria, $F_{a1} = F_{a2} = F \cdot tg\alpha$.



La dirección del empuje axial depende del sentido de rotación de la rueda, de la inclinación del diente y de la posición del piñón y de la rueda; variando una de estas condiciones se modifica la dirección del empuje.



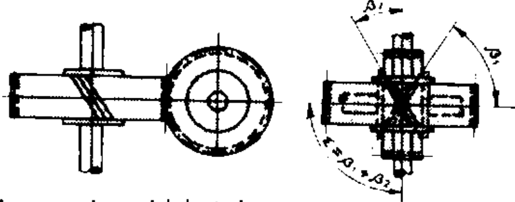
Cálculo gráfico de la presión sobre los dientes y del empuje axial sobre los soportes de rodadura.

Reacciones contra el empuje axial E_{a1} y E_{a2}, según el sentido de rotación del diente y posición piñón-rueda.

Presión normal y empuje según el valor de β

Angulo de inclinación del diente	$\beta =$	5°	10°	15°	20°	25°	30°
Presión normal	F_n	1,0038	1,0154	1,0353	1,0642	1,1034	1,1547
Empuje axial	E_{a1}	0,0875	0,1763	0,2679	0,3640	0,4663	0,5773

ENGRANAJES CILÍNDRICOS HELICOIDALES DE EJES OBLICUOS



Relaciones de reducción y angulares del dentado

Los engranajes cilíndricos helicoidales de ejes oblicuos, se presentan cruzándose los ejes de la ruedas o árboles respectivos formando un ángulo cualquiera; normalmente $\Sigma = 90°$.

El sentido de los ángulos β del dentado (también de la hélice) puede ser cualquiera, pero el mismo (derecha o izquierda) para las dos ruedas. La suma Σ de los ángulos de las hélices, $\beta_1 + \beta_2$, es igual al que forman los árboles al cruzarse.

Las relaciones numéricas de los elementos de las ruedas (piñón y rueda) de los engranajes cilíndricos helicoidales de ejes oblicuos, son las mismas que las de ejes paralelas (Tabla 28.9), y en éstos como en aquellos, la dirección del empuje axial depende del sentido de los ángulos β_1 y β_2, de la dirección del dentado y del sentido de rotación de las ruedas.

Las relaciones entre el número de revoluciones de las ruedas, $i = n_1/n_2$ inversa de los diámetros primitivos $i = d_1/d_2$ o del número de dientes $i = z_1/z_2$ no se cumple en estas ruedas (salvo que sean exactamente iguales), pudiendo fabricarse ruedas del mismo diámetro primitivo con distinto número de dientes, o del mismo número de dientes con distintos diámetros primitivos, siendo en todo caso iguales los módulos normales o reales.

Para calcular el ángulo de inclinación de los dientes, se tiene:

$$\text{tg}\,\beta_1 = \frac{z_2 \cdot d_1}{z_1 \cdot d_2}, \quad \text{o bien } \text{tg}\,\beta_1 = \frac{n_1 \cdot d_1}{n_2 \cdot d_2}, \text{ también}$$

$$\text{tg}\,\beta_2 = \frac{z_1 \cdot d_2}{z_2 \cdot d_1}; \qquad \text{tg}\,\beta_2 = \frac{n_2 \cdot d_2}{n_1 \cdot d_1}$$

En engranajes con ruedas del mismo diámetro primitivo, $d_1 = d_2$, los valores de los ángulos β_1 y β_2, son:

$$\text{tg}\,\beta_1 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2}; \quad \text{tg}\,\beta_2 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{n_2}{n_1}.$$

En la Tabla 29.9 se especifican valores de los ángulos β_1 y β_2 correspondientes a determinadas relaciones $i = z_2/z_1$ frecuentes en la práctica, así como también para determinados valores de β_1 y β_2, se especifica la relación $i = z_2/z_1$ correspondiente.

Engranajes cilíndricos

ÁNGULOS DE LAS HÉLICES EN FUNCIÓN DE z_2/z_1

TABLA 29 . 9

Relación	*Ángulos de la hélice*		*Ángulos de la hélice*		*Relación*
z_2/z_1	β_1	β_2	β_1	β_2	z_2/z_1
1:1	45,0°	45,0°	45°	45°	1:1,0
1:1,25	51,3400°	38,6600°	50°	40°	1:1,192
1:1,50	56,3099°	33,6901°	55°	35°	1:1,428
1:1,75	60,2551°	29,7449°	60°	30°	1:1,732
1:2	63,4349°	26,5651°	65°	25°	1:2,145
1:2,25	66,0375°	23,9625°	67,5°	22,5°	1:2,414
1:2,50	68,1986°	21,8014°	70°	20°	1:2,747
1:2,75	70,0169°	19,9831°	72°	18°	1:3,078
1:3	71,5650°	18,4350°	73,5°	16,5°	1:3,376
1:3,25	72,8973°	17,1027°	75°	15°	1:3,732
1:3,50	74,0546°	15,9454°	76°	14°	1:4,012
1:4	75,9638°	14,0362°	77°	13°	1:4,331
1:4,5	77,4712°	12,5288°	78°	12°	1:4,705
1:5	78,6901°	11,3099°	79°	11°	1:5,145

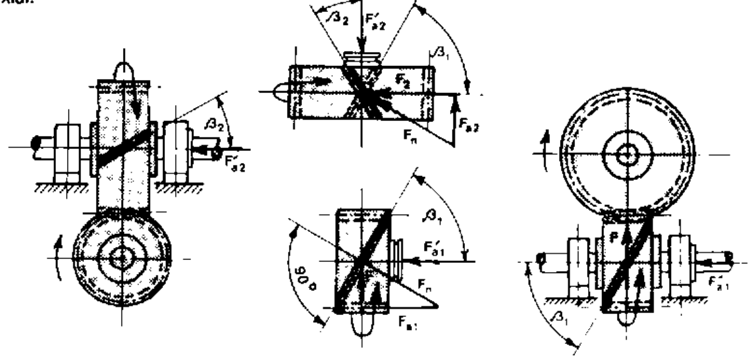
EMPUJE AXIAL EN RUEDAS DE DENTADO HELICOIDAL DE EJES OBLICUOS

Valor del empuje axial

Como en los engranajes helicoidales de ejes paralelos, en los ejes oblicuos el valor de los empujes axiales depende de la fuerza a transmitir F_1 y de los ángulos de inclinación de los dientes β_1 y β_2.

La componente F_n perpendicular a los dientes, es $F_n = \dfrac{F}{\cos \beta_1}$, y el empuje axial $F_{a1} = F \cdot \operatorname{tg} \beta_1$.

En la rueda 2, el valor de F_n se descompone en $F_2 = F_n \cos \beta_1$ (= F_{a1}), y en $F_{a2} = F_n \cdot \operatorname{tg} \beta_1$ (= F), empuje axial.



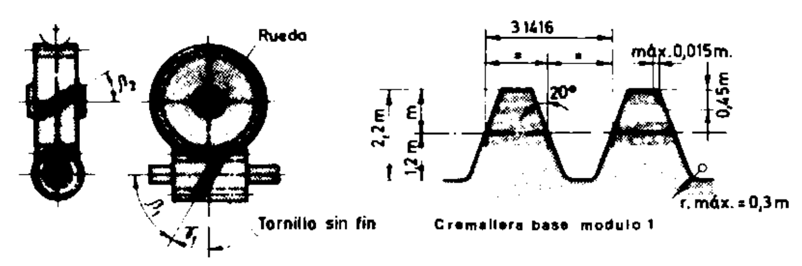
La dirección del empuje axial depende del sentido de rotación de la rueda, de la inclinación de los dientes, y de la posición rueda-piñón; variando una de estas condiciones se modifica aquella dirección.

Los distintos valores de las fuerzas se han determinado del modo expuesto en la parte superior. Se representa sobre los soportes que absorben los empujes axiales, el valor de estos empujes y la dirección opuesta a los mismos (antiaxial).

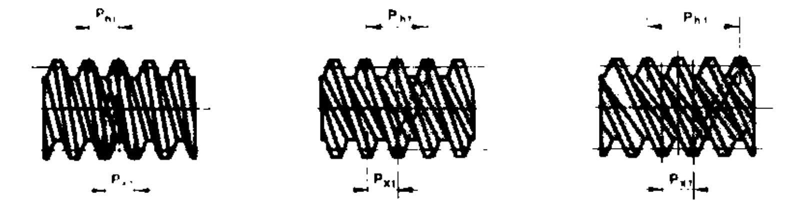
ENGRANAJES CILÍNDRICOS HELICOIDALES DE TORNILLO SIN FIN

Disposición de los engranajes de tornillo sin fin

En un engranaje helicoidal de ejes que se cruzan (sin cortarse), si el diámetro del piñón se reduce con relación al de la rueda, el engranaje helicoidal se convierte en otro de tornillo sin fin; en estos engranajes generalmente los ejes se cruzan a 90°. El tornillo sin fin (piñón) se define por su número de entradas o filetes, normalmente comprendido entre uno y cinco, y también hasta ocho.



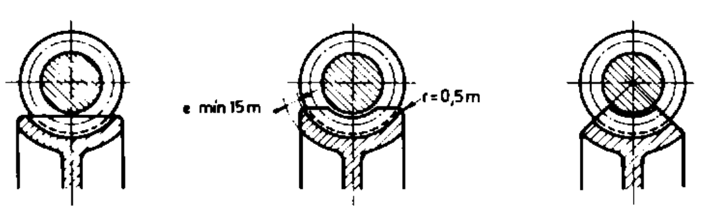
El tornillo sin fin acciona o gira sobre una rueda (tuerca), y como lo hace sin desplazarse, en una relación completa del tornillo la rueda girará un arco igual al paso axial del primero, siendo este arco el paso circunferencial p_{t2} de la rueda. El paso axial p_{x1} del tornillo se mide entre dos dientes o filetes consecutivos del tornillo aunque sea de dos o más entradas; el avance circunferencial p_c de la rueda es igual al paso axial p_x multiplicado por el número de entradas o filetes.



El ángulo β_1 de inclinación del tornillo sin fin, está formado por su generatriz (como cilindro) y por la recta tangente al flanco del diente; su complemento γ_1 es el ángulo de pendiente de la hélice; cuando los ejes se cortan a 90° (caso general) el ángulo de la hélice de la rueda es $\beta_2 = \gamma_1$. La inclinación del dentado es del mismo sentido en el piñón y la rueda.

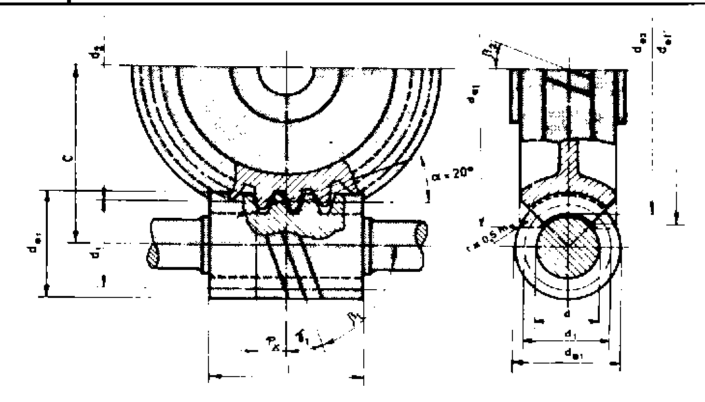
El ángulo β_1 depende del diámetro primitivo d_1 del tornillo y de su paso p_{x1}; este ángulo se suele establecer entre los 50° y 80°, y a veces mayor. El ángulo de presión del diente se hace $\alpha = 20°$; el perfil del diente corresponde a su sección longitudinal y se trazará según la cremallera normalizada módulo 1, representada en la parte superior; para otros módulos, se multiplicará su número por los de la módulo 1.

Transversalmente, la corona de la rueda se limitará: sin garganta, con garganta y con garganta y perfil angular; el ancho de esta corona es aproximadamente igual al diámetro exterior del tornillo.



El mecanismo de tornillo sin fin admite una gran reducción, generalmente comprendida entre una y cincuenta, $i = z_1/z_2 - 1$ a 50. El material utilizado para la fabricación es, el acero para el tornillo, que según la potencia será templado y rectificado; el de la rueda o su corona será generalmente, bronce fosforoso, y también aleaciones de aluminio, zinc, manganeso y fundición gris.

ENGRANAJES CILÍNDRICOS DE TORNILLO SIN FIN MÓDULOS, FILETES Y DIENTES



Módulo

Los módulos m de los engranajes de tornillo sin fin está normalizados, y su valor se fija mediante el cálculo de transmisión de potencia o de momento de giro. El módulo de calculado corresponde al módulo axial m_{x1}, del tornillo sin fin, así como al circunferencial m_{x2} de la rueda.

La serie de módulos normalizados para engranajes de tornillo sin fin, comprende los siguientes:

Preferentes	1 — 2 — 4 — 8 — 16
Normales	1,25 — 2,5 — 5 — 10 — 20
Complementarios	1,5 — 3 — 6 — 12

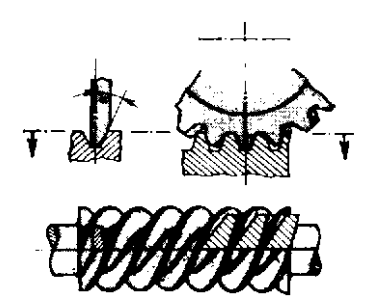
Número de filetes y de dientes

El número de filetes del tornillo sin fin se hace de 1 a 6 y también hasta 8, y se establecerá de acuerdo con la reducción que se desea obtener; a mayor número mayor velocidad de deslizamiento y menor reducción.

El número de dientes de la rueda será igual a 17 como mínimo; el diámetro primitivo del sin fin ha de ser exactamente igual al del de la fresa-madre que se utilice para el tallado de la rueda. La distancia entre centros del tornillo sin fin y de la rueda será igual a la del tallado.

Se recomienda que el diámetro primitivo sea q = 8, 10, 12, 16, 20, veces el módulo m, y también que sea 7, 9, 11, 14, 18 veces el mismo módulo m, si bien, los últimos valores indicados para q deben evitarse.

En la figura que sigue se representa la disposición del tallado (torneado) del sin fin con cuchilla cuya arista cortante está situada en un plano axial, y el tallado con cuchilla piñón; los flancos del diente son rectos en el plano axial.



Calidad

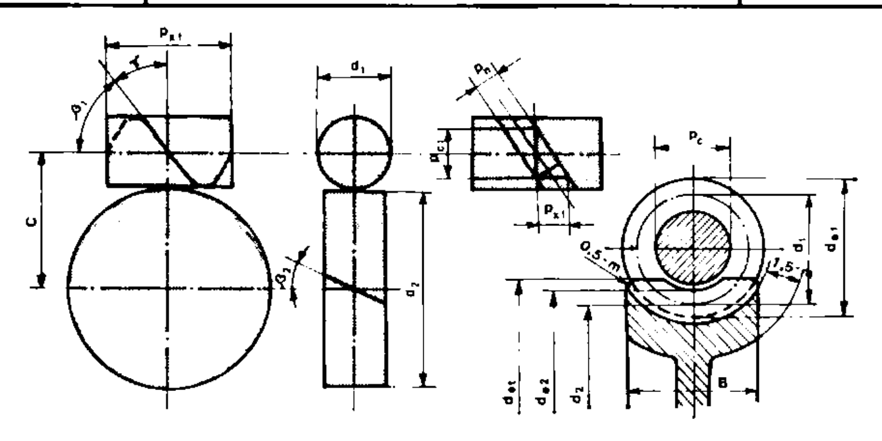
Para las tolerancias de fabricación (Tabla 26.9) se consideran los siguientes calidades:

Calidad 4 para engranajes de gran precisión y velocidad de desplazamiento del sin fin > 5 m/seg.

Calidad 6 para engranajes de precisión y velocidad de desplazamiento del sin fin < 7,5 m/seg.

Calidad 8 para engranajes corriente y velocidad de desplazamiento del sin fin < 1,5 m/seg.

ENGRANAJES DE TORNILLO SIN FIN DENOMINACIONES Y RELACIONES



Especificación	Tornillo sin fin	Rueda
Módulo	m (se fija por cálculo).	
Módulo axial	$m_{x1} = m \left(= \frac{d_1}{q}\right.$; valores de q en la página anterior)	
Módulo normal	$m_{n1} = m_{x1} \cdot \text{sen}\ \beta_1$	$m_{n2} = m_{x1} \cdot \cos \beta_2\ (= m_{n1})$
Módulo circunferencial	$m_{c1} = \frac{m_n}{\cos \beta_1} = m_{x1} \cdot \text{tg}\ \beta_1$	$m_{c2} = \frac{m_{n2}}{\cos \beta_2} = \frac{d_2}{z_2} = m_{x1}\ (= m_{c1})$
Paso axial	$p_{x1} = m_{x1} \cdot \pi = \frac{p_n}{\text{sen}\ \beta_1}\ (= p_{c2})$	
Paso normal	$p_{n1} = p_{x1} \cdot \text{sen}\ \beta_1$	$p_{n2} = p_{x1} \cdot \cos \beta_2 = p_{n1}$
Paso circunferencial	$p_{c1} = \frac{p_{n1}}{\cos \beta_1} = p_{x1} \cdot \text{tg}\ \beta_1$	$p_{c2} = p_{x1}$
Diámetro primitivo	$d_1 = q \cdot m_{x1}$ (q en la página anterior).	$d_2 = m_{c2} \cdot z_2$
Angulo de la hélice	$\text{tg}\ \beta_1 = \frac{\pi \cdot d_1}{p_{h1}}\ (\gamma = 90° - \beta_1)$	
Paso de la hélice	$p_{h1} = p_{x1} \cdot z_1 = \frac{\pi \cdot d_1}{\text{tg}\ \beta_1}$	$p_{h2} = \pi \cdot d_2 \cdot \text{tg}\ \beta_1$
Número de dientes	$z_1 = \frac{p_{h1}}{p_{x1}}$	$z_2 = \frac{d_2}{z_2}$
Addendum	$a_1 = m$	$a_2 = m$
Dedemdun	$b_1 = 1{,}2 \cdot m$	$b_2 = 1{,}2 \cdot m$
Diámetro exterior	$d_{e1} = d_1 + 2 \cdot m$	$d_{e2} = m \cdot (z_2 + 2)$ (garganta).
Diámetro total de la corona		d_{er} { máximo $= d_{e2} + 1{,}5 \cdot m$ mínimo $= d_{e2} + m$
Ancho de la corona		1 a 2 filetes, $B = 7{,}5 \cdot m + 6$ 3 a 4 filetes, $B = 6{,}75 \cdot m + 6$
Radio de la garganta		$R = \frac{d_1}{2} - m$
Ángulo de la garganta		$\alpha = 60°$ a $90°$ (normalmente $\alpha = 90°$)
Longitud del sin fin	$l = 6 \cdot p_{x1}$	

Distancia entre centros, $C = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m}{2} \cdot (z_1 + z_2)$; relación de engranaje, $i = \frac{z_2}{z_1}$

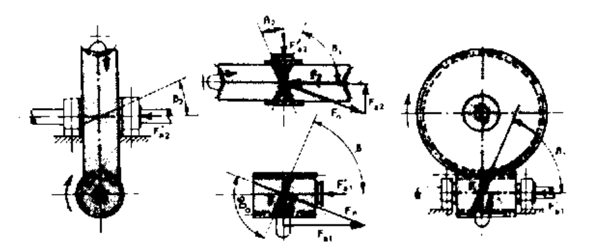
EMPUJE AXIAL EN ENGRANAJES DE TORNILLO SIN FIN

Valor del empuje axial

Como en todo engranaje helicoidal, el valor de los empujes axiales, en los de tornillo sin fin depende de la fuerza a transmitir, F y de los ángulos de inclinación de los dientes β_1 y β_2. Como en aquellos casos, la componente F_n perpendicular a los dientes es:

$F_n = \dfrac{F}{\cos \beta_1}$, y el empuje axial $F_{a1} = F \cdot \mathrm{tg}\, \beta_1$, cuyo valor crece con β_1, por lo que la pérdida de potencia por dicho motivo es importante en esta composición de engranajes.

En la rueda, el valor de F_n se descompone en $F_2 = F_n \cos \beta_1$ (= F_{a1}), y en $F_{a2} = F_n \cdot \mathrm{tg}\, \beta_1$ (= F), empuje axial.



Asimismo, la dirección del empuje axial depende del sentido de rotación, de la inclinación de los dientes, y de la posición rueda-tornillo; variando una de estas condiciones se modifica aquella dirección.

Los valores de las fuerzas y de los empujes axiales se han determinado del modo expuesto en la parte superior. Se indica sobre los soportes que absorben los empujes axiales el valor de éstos, y la dirección opuesta a los mismos. Los empujes axiales son de consideración en los tornillos sin fin, y aumentan con el valor del ángulo β_1.

DISPOSICIÓN GENERAL DE ENGRANAJES CÓNICOS

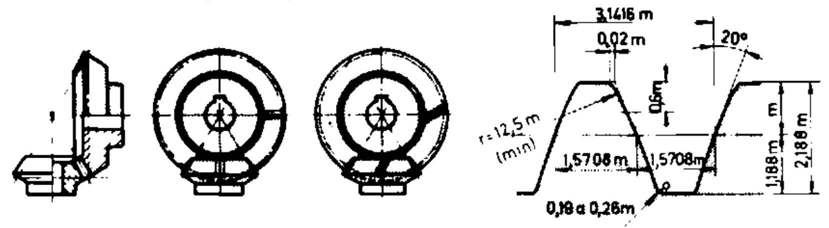
Aplicación y normas generales

Los engranajes cónicos se utilizan para la transmisión del movimiento de rotación y de fuerzas entre dos ejes que se cruzan cortándose. Los cuerpos de las dos ruedas (piñón y rueda) son de forma cónica y tienen el vértice común, que se halla en el punto de intersección de los ejes.

Los dientes pueden ser rectos convergentes en el punto de intersección de los ejes o vértice del engranaje, y también helicoidales o en espira, siendo en estos últimos la marcha más suave y silenciosa.

Las dimensiones de los dientes se consideran sobre el plano común a la rueda y su complementario, siendo este plano perpendicular al eje de rodadura; las generatrices de los conos complementarios, son los radios ideales de engranajes rectos o ruedas frontales equivalentes al engranaje cónico, cuyo dentado ideal (en número entero o fracción), se utilizará en el cálculo de las dimensiones de las ruedas cónicas (módulo circunferencial, etc.).

La Norma UNE 18051 (engranajes conicorrectos) establece el módulo unidad con ángulo de presión a 20°, con la cremallera tipo correspondiente.



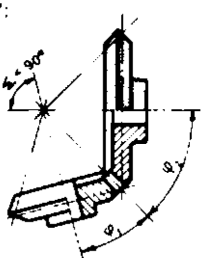
En los engranajes cónicos con ángulo de intersección a 90°, se recomienda:

16 o más dientes en el piñón.
15 dientes en el piñón y 17 o más en la rueda.
14 dientes en el piñón y 20 o más en la rueda.
13 dientes en el piñón y 30 o más en la rueda.

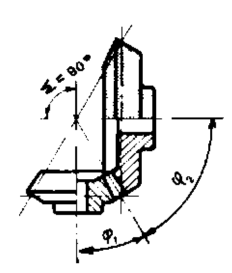
Cuando el número de dientes es inferior al recomendado, es conveniente efectuar la corrección del dentado, como se ha expuesto para los engranajes cilíndricos.

El ángulo que forman los ejes al cortarse, puede ser:

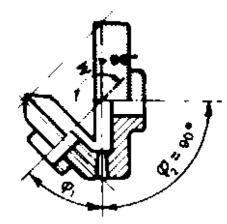
a) Angulo $\Sigma < 90°$;

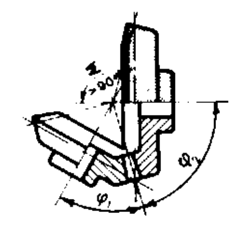


b) Ángulo $\Sigma = 90°$



c) Angulo $\Sigma > 90°$.





DENOMINACIONES Y RELACIONES DEL DENTADO (1.º)

Fig. 27.1

Fig. 27.2

Angulo del addendum
Angulo de la cara
Angulo primitivo
Vertice
Angulo de los ejes
Angulo de fondo
Generatriz
Ang. dedendum
Longitud del diente
Addendum
Dedendum
Paso circunferencial
Profundidad de diente

Denominación	*Piñón*	*Rueda*
Ángulo de presión	$\alpha = 20°$	
Ángulo de ejes	$\Sigma = 90°$	
Ángulo primitivo	$\varphi_1 = \text{arc. tg } \frac{z_1}{z_2}$	$\varphi_2 = \text{arc. tg } \frac{z_2}{z_1}$
Número de dientes	$z_1;\ z_1 = \frac{d_1}{m}$	$z_2;\ z_2 = \frac{d_2}{m}$
Módulo	$m;\ m = \frac{d_1}{z_1}$	$m;\ m = \frac{d_2}{z_2}$
Longitud del diente	$B \geq \frac{G}{3}$	
Profundidad del diente	$h = 2{,}188 \cdot m$	
Profundidad del trabajo	$h_1 = 2 \cdot m$	
Juego entre dientes	j (valores en la Tabla de la pág. 345).	
Número de dientes para elegir la fresa para tallado en fresadora universal (Tabla 16.2).	z_{1i} (ideal) $= \frac{z_1}{\cos \varphi_1}$	z_{2i} (ideal) $= \frac{z_2}{\cos \varphi_2}$

Engranajes cónicos	**DENOMINACIONES Y RELACIONES DEL DENTADO (2.°)**	TABLA 31_2 . 9

Denominación	*Piñón*	*Rueda*
Espacio libre del fondo	$c = 0{,}188 \cdot m$	
Paso circular	$p = \pi \cdot m$	
Diámetro primitivo	$d_1 = m \cdot z_1$	$d_2 = m \cdot z_2$
Diámetro exterior	$d_{e1} = d_1 + 2 \cdot a_1 \cdot \cos \varphi_1$	$d_{e2} = d_2 + 2 \cdot a_2 \cdot \cos \varphi_2$
Generatriz	$G = \frac{m}{2} \cdot \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$	
Addendum	$a_1 = h - a_2$	$a_2 = m \cdot A$ (A Tabla 32 · 9).
Dedendum	$b_1 = h - a_1$	$b_2 = h - a_2$
Ángulo del addendum	$\gamma_1 = \text{arc. tg } \frac{b_2}{G}$	$\gamma_2 = \text{arc. tg } \frac{b_1}{G}$
Ángulo del dedendum	$\delta_1 = \text{arc. tg } \frac{b_1}{G}$	$\delta_2 = \text{arc. tg } \frac{b_2}{G}$
Ángulo de la cara	$\varphi_{c1} = \varphi_1 + \delta_2$	$\varphi_{c2} = \varphi_2 + \delta_1$
Ángulo del fondo	$\varphi_{f1} = \varphi_1 - \delta_1$	$\varphi_{f2} = \varphi_2 - \delta_2$
Espesor circular	$e_{c1} = p - e_{c2}$	$e_{c2} = \frac{\pi \cdot m}{2} - (a_1 - a_2) \cdot \text{tg } \alpha$
Espesor cordal	$e_1 = e_{c1} - \frac{e_{c1}^3}{6 \cdot d_1^2} - \frac{i}{2}$	$e_2 = e_{c2} - \frac{e_{c2}^3}{6 \cdot d_2^2} - \frac{i}{2}$
Addendum cordal	$a_{c1} = a_1 + \frac{e_1^2 \cdot \cos \varphi_1}{4 \cdot d_1}$	$a_{c2} = a_2 + \frac{e_2^2 \cdot \cos \varphi_2}{4 \cdot d_2}$

Relaciones numéricas en casos especiales

a) Para suma de ángulos primitivos $\Sigma < 90°$ (caso *a)* de la pág. 342):

$$\Sigma = \varphi_1 + \varphi_2$$

$$\text{tg } \varphi_1 = \frac{\text{sen } \Sigma}{\frac{z_2}{z_1} + \cos \Sigma}; \qquad \text{tg } \varphi_2 = \frac{\text{sen } \Sigma}{\frac{z_1}{z_2} + \cos \Sigma}$$

b) Para suma de ángulo primitivos $\Sigma > 90°$ (caso *c)* de la pág. 342 con $\varphi_2 = 90°$):

$$\Sigma = \varphi_1 + \varphi_2$$

$$\text{sen } \varphi_1 = \frac{z_1}{z_2}, \qquad (\varphi_1 = \Sigma - 90°)$$

c) Para suma de ángulos primitivos $\Sigma > 90°$ (caso *c)* de la pág. 342 con $\varphi \neq 90°$)

$$\Sigma = \varphi_1 + \varphi_2.$$

$$\text{tg } \varphi_1 = \frac{\text{sen } (180 - \Sigma)}{\frac{z_2}{z_1} - \cos (180 - \Sigma)}; \quad \text{tg } \varphi_2 = \frac{\text{sen } (180 - \Sigma)}{\frac{z_1}{z_2} - \cos (180 - \Sigma)}.$$

Engranajes cónicos	**COEFICIENTES PARA EL CÁLCULO DEL ADDENDUM Y PARA LA HOLGURA O JUEGO ENTRE DIENTES**	TABLA 32 . 9

Coeficientes para la determinación del addendum

Para determinar el valor del addendum del diente de una rueda, se tomarán los coeficientes A especificados en la Tabla que sigue, y que corresponden a la relación:

$$i_{90} = \sqrt{\frac{z_1 \cdot \cos \varphi_1}{z_2 \cdot \cos \varphi_2}},$$

resultando,

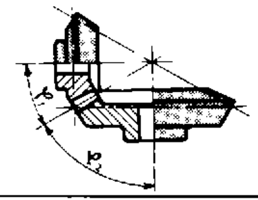
$$\text{addendum } a_2 = m \cdot A$$

Valores de A para $i = \frac{z_2}{z_1}$,...							Valores de A para $i = \frac{z_2}{z_1}$,...						
De	1,00	a	1,00,	A	=	1,000	De	1,42	a	1,45,	A	=	0,760
De	1,00	a	1,02,	A	=	0,990	De	1,45	a	1,48,	A	=	0,750
De	1,02	a	1,03,	A	=	0,980	De	1,48	a	1,52,	A	=	0,740
De	1,03	a	1,04,	A	=	0,970	De	1,52	a	1,56,	A	=	0,730
De	1,04	a	1,05,	A	=	0,960	De	1,56	a	1,60,	A	=	0,720
De	1,05	a	1,06,	A	=	0,950	De	1,60	a	1,65,	A	=	0,710
De	1,06	a	1,08,	A	=	0,940	De	1,65	a	1,70,	A	=	0,700
De	1,08	a	1,09,	A	=	0,930	De	1,70	a	1,76,	A	=	0,690
De	1,09	a	1,11,	A	=	0,920	De	1,76	a	1,82,	A	=	0,680
De	1,12	a	1,13,	A	=	0,910	De	1,82	a	1,89,	A	=	0,670
De	1,13	a	1,14,	A	=	0,900	De	1,89	a	1,97,	A	=	0,660
De	1,14	a	1,15,	A	=	0,890	De	1,97	a	2,06,	A	=	0,650
De	1,15	a	1,17,	A	=	0,880	De	2,06	a	2,16,	A	=	0,640
De	1,17	a	1,19,	A	=	0,870	De	2,16	a	2,27,	A	=	0,630
De	1,19	a	1,21,	A	=	0,860	De	2,27	a	2,41,	A	=	0,620
De	1,21	a	1,23,	A	=	0,850	De	2,41	a	2,58,	A	=	0,610
De	1,23	a	1,25,	A	=	0,840	De	2,58	a	2,78,	A	=	0,600
De	1,25	a	1,27,	A	=	0,830	De	2,78	a	3,05,	A	=	0,590
De	1,27	a	1,29,	A	=	0,820	De	3,05	a	3,41,	A	=	0,580
De	1,29	a	1,31,	A	=	0,810	De	3,41	a	3,94,	A	=	0,570
De	1,31	a	1,33,	A	=	0,800	De	3,94	a	4,82,	A	=	0,560
De	1,33	a	1,36,	A	=	0,790	De	4,82	a	6,81,	A	=	0,550
De	1,36	a	1,39,	A	=	0,780	De	6,81	a	—	A	=	0,540
De	1,39	a	1,42,	A	=	0,770							

Módulo	*Juego j en mm.*	*Módulo*	*Juego j en mm.*
hasta 1,25	de 0,025 a 0,075	de 7 a 8	de 0,200 a 0,275
de 1,25 a 2,5	de 0,050 a 0,100	de 8 a 10	de 0,250 a 0,325
de 2,5 a 3	de 0,075 a 0,125	de 10 a 13	de 0,300 a 0,400
de 3 a 4	de 0,100 a 0,150	de 13 a 15	de 0,350 a 0,450
de 4 a 5	de 0,125 a 0,175	de 15 a 17	de 0,400 a 0,550
de 5 a 6	de 0,150 a 0,200	de 17 a 20	de 0,450 a 0,650
de 6 a 7	de 0,175 a 0,225	de 20 a 25	de 0,500 a 0,750

NOTA.—En caso de elección, tómese para A el valor mayor, y para j se tomará el menor.

Engranajes cónicos	ÁNGULOS DE LOS CONOS DEL PIÑÓN Y DE LA RUEDA	TABLA 33, . 9



Número de dientes del piñón

z_1	φ	*Número de dientes de la rueda, z_2* 13		14		15		16		17		18	
12	φ_1	42,717°	42°43′	40,60°	40°36′	38,667°	38°40′	36,883°	36°53′	35,217°	35°13′	33,683°	33°41′
	φ_2	47,283°	47°17′	49,40°	49°24′	51,333°	51°20′	53,117°	53°7′	54,783°	54°47′	56,317°	56°19′
13	φ_1	45°	45°	42,883°	42°53′	40,917°	40°55′	39,10°	39°6′	37,40°	37°24′	35,833°	35°50′
	φ_2			47,117°	47°7′	49,083°	49°5′	50,90°	50°54′	52,60°	52°36′	54,167°	54°10′
14	φ_1			45°	45°	43,033°	43°2′	41,20°	41°12′	39,467°	39°28′	37,867°	37°52′
	φ_2					46,967°	46°58′	48,80°	48°48′	50,533°	50°32′	52,133°	52°8′
15	φ_1					45°	45°	43,15°	43°9′	41,417°	41°25′	39,80°	39°48′
	φ_2							46,85°	46°51′	48,583°	48°35′	50,20°	50°12′
16	φ_1							45°	45°	43,267°	43°16′	41,633°	41°38′
	φ_2									46,733°	46°44′	48,367°	48°22′
17	φ_1									45°	45°	43,367°	43°22′
	φ_2											46,633°	46°38′
18	φ_1											45°	45°
	φ_2												

z_1	φ	*Número de dientes de la rueda, z_2...* 19		20		21		22		23		24	
12	φ_1	32,267°	32°16′	30,967°	30°58′	29,75°	29°45′	28,617°	28°37′	27,55°	27°33′	26,567°	26°34′
	φ_2	57,733°	57°44′	59,033°	59°2′	60,25°	60°15′	61,383°	61°23′	62°45°	62°27′	63,433°	63°26′
13	φ_1	34,383°	34°23′	33,033°	33°2′	31,767°	31°46′	30,583°	30°35′	29,483°	29°29′	28,45°	28°27′
	φ_2	55,617°	55°37′	56,967°	56°58′	58,233°	58°14′	59,417°	59°25′	60,517°	60°31′	61,55°	61°33′
14	φ_1	26,383°	36°23′	35,0°	35°0′	33,683°	33°41′	32,467°	32°28′	31,333°	31°20′	30,25°	30°15′
	φ_2	53,617°	53°37′	55,0°	55°0′	56,317°	56°19′	50,533°	57°32′	58,667°	58°40′	59,75°	59°45
15	φ_1	38,30°	38°18′	36,883°	36°53′	35,533°	35°32′	34,283°	34°17′	33,117°	33°7′	32,0°	32°0′
	φ_2	51,70°	51°42′	53,117°	53°7′	54,467°	54°28′	55,717°	55°43′	56,883°	56°53′	58,0°	58°0′
16	φ_1	40,10°	40°6′	38,667°	38°40′	37,30°	37°18′	36,033°	36°2′	34,817°	34°49′	33,683°	33°41′
	φ_2	49,90°	49°54′	51,333°	51°20′	52,70°	52°42′	53,967°	53°58′	55,183°	55°11′	56,317°	56°19′
17	φ_1	41,817°	41°49′	40,367°	40°22′	39,0°	39°0′	37,70°	37°42′	36,467°	36°28′	35,317°	35°19′
	φ_2	48,183°	48°11′	49,633°	49°38′	51,0°	51°0′	52,30°	52°18′	53,533°	53°32′	54,683°	54°41′
18	φ_1	43,45°	43°27′	42,0°	42°0′	40,60°	40°36′	39,283°	39°17′	38,05°	38°3′	36,883°	36°53′
	φ_2	46,55°	46°33′	48,0°	48°0′	49,40°	49°24′	50,717°	50°43′	51,95°	51°57′	53,117°	53°7′
19	φ_1	45°	45°	43,533°	43°32′	42,133°	42°8′	40,817°	40°49′	39,567°	39°34′	38,367°	38°22′
	φ_2			46,467°	46°28′	47,867°	47°52	49,183°	49°11′	50,433°	50°26′	51,633°	51°38′
20	φ_1			45°	45°	43,60°	43°36′	42,283°	42°17′	41,017°	41°1′	39,80°	39°48′
	φ_2					46,40°	46°24′	47,717°	47°43′	48,983°	48°59′	50,20°	50°12′
21	φ_1					45°	45°	43,667°	43°40′	42,40°	42°24′	41,20°	41°12′
	φ_2							46,333°	46°20′	47,60°	47°36′	48,80°	48°48′
22	φ_1							45°	45°	43,733°	43°44′	42,517°	42°31′
	φ_2									46,267°	46°16′	47,483°	47°29′
23	φ_1									45°	45°	43,783°	43°47′
	φ_2											46,217°	46°13′
24	φ_1											45°	45°
	φ_2												

Engranajes cónicos

ÁNGULOS DE LOS CONOS DEL PIÑÓN Y DE LA RUEDA

TABLA 33₂ . 9

Número de dientes del piñón z_1 / Número de dientes de la rueda, z_2...

z_1	φ	25		26		27		28		29		30	
12	φ_1	25,633°	25°38′	24,767°	24°46′	23,967°	23°58′	23,20°	23°12′	22,483°	22°29′	21,80°	21°48′
	φ_2	64,367°	64°22′	65,233°	65°14′	66,033°	66°2′	66,80°	66°48′	67,517°	67°31′	68,20°	68°12′
13	φ_1	27,483°	27°29′	26,567°	26°34′	25,717°	25°43′	24,90°	24°54′	24,15°	24°9′	23,433°	23°26′
	φ_2	62,517°	62°31′	63,433°	63°26′	64,283°	64°17′	65,10°	65°6′	65,85°	65°51′	66,567°	66°34′
14	φ_1	29,25°	29°15′	28,30°	28°18′	27,40°	27°24′	26,567°	26°34′	25,767°	25°46′	25,017°	25°1′
	φ_2	60,75°	60°45′	61,70°	61°42′	62,60°	62°36′	63,433°	63°26′	64,233°	64°14′	64,983°	64°59′
15	φ_1	30,967°	30°58′	29,983°	29°59′	29,05°	29°3′	28,183°	28°11′	27,35°	27°21′	26,567°	26°34′
	φ_2	59,033°	59°2′	60,017°	60°1′	60,95°	60°57′	61,817°	61°49′	62,65°	62°39′	63,433°	63°26′
16	φ_1	32,617°	32°37′	31,617°	31°37′	30,65°	30°39′	29,75°	29°45′	28,883°	28°53′	28,067°	28°4′
	φ_2	57,383°	57°23′	58,383°	58°23′	59,35°	59°21′	60,25°	60°15′	61,117°	61°7′	61,933°	61°56′
17	φ_1	34,217°	34°13′	33,183°	33°11′	32,20°	32°12′	31,267°	31°16′	30,383°	30°23′	39,533°	29°32′
	φ_2	55,783°	55°47′	56,817°	56°49′	57,80°	57°48′	58,733°	58°44′	59,617°	59°37′	60,467°	60°28′
18	φ_1	35,75°	35°45′	34,70°	34°42′	33,683°	33°41′	32,733°	32°44′	31,833°	31°50′	30,967°	30°58′
	φ_2	54,25°	54°15′	55,30°	55°18′	56,317°	56°19′	57,267°	57°16′	58,167°	58°10′	59,033°	59°2′
19	φ_1	37,233	37°14′	36,15°	36°9′	35,133°	35°8′	34,15°	34°9′	33,233°	33°14′	32,35°	32°21′
	φ_2	52,767°	52°46′	53,85°	53°51′	54,867°	54°52′	55,85°	55°51′	56,767°	56°46′	57,65°	57°39′
20	φ_1	38,667°	38°40′	37,567°	37°34′	36,533°	36°32′	35,533°	35°32′	34,60°	34°36′	33,683°	33°41′
	φ_2	51,333°	51°20′	52,433°	52°26′	53,467°	53°28′	54,467°	54°28′	55,40°	55°24′	56,317°	56°19′
21	φ_1	40,033°	40°2′	38,933°	38°56′	37,867°	37°52′	36,883°	36°53′	35,917°	35°55′	35,0°	35°0′
	φ_2	49,967°	49°58′	51,067°	51°4′	52,133°	52°8′	53,117°	53°7′	54,083°	54°5′	55,0°	55°0′
22	φ_1	41,35°	41°21′	40,233°	40°14′	39,183°	39°11′	38,167°	38°10′	37,183°	37°11′	36,25°	36°15′
	φ_2	48,65°	48°39′	49,767°	49°46′	50,817°	50°49′	51,833°	51°50′	52,817°	52°49′	53,75°	53°45′
23	φ_1	42,617°	42°37′	41,50°	41°30′	40,433°	40°26′	39,40°	39°24′	38,417°	38°25′	37,483°	37°29′
	φ_2	47,383	47°23′	48,50°	48°30′	49,567°	49°34′	50,60°	50°36′	51,583°	51°35′	52,517°	52°31′
24	φ_1	43,833°	43°50′	42,717°	42°43′	41,633°	41°38′	40,60°	40°36′	39,617°	39°37′	38,667°	38°40′
	φ_2	46,167°	46°10′	47,283°	47°17′	48,367°	48°22′	49,40°	49°24′	50,383°	50°23′	51,333°	51°20′
25	φ_1	45°	45°	43,883°	43°53′	42,80°	42°48′	41,767°	41°46′	40,767°	40°46′	39,80°	39°48′
	φ_2			46,117°	46°7′	47,20°	47°12′	48,233°	48°14′	49,233°	49°14′	50,20°	50°12′
26	φ_1			45°	45°	43,917°	43°55′	42,883°	42°53′	41,883°	41°53′	40,917°	40°55′
	φ_2					46,083°	46°5′	47,117°	47°7′	48,117°	48°7′	49,083°	49°5′
27	φ_1					45°	45°	43,967°	43°58′	42,95°	42°57′	42,0°	42°0′
	φ_2							46,033°	46°2′	47,05°	47°3′	48,0°	48°0′
28	φ_1							45°	45°	44,0°	44°0′	43,033°	43°2′
	φ_2									46,0°	46°0′	46,967°	46°58′
29	φ_1									45°	45°	44,033°	44°2′
	φ_2											45,967°	45°58′
30	φ_1											45°	45°
	φ_2												
31	φ_1												
	φ_2												
32	φ_1												
	φ_2												
33	φ_1												
	φ_2												
34	φ_1												
	φ_2												
35	φ_1												
	φ_2												

Engranajes cónicos	# ÁNGULOS DE LOS CONOS DEL PIÑÓN Y DE LA RUEDA	TABLA 33₃ . 9

Número de dientes del piñón

z_1	φ	Número de dientes de la rueda, z_2...											
		31		32		33		34		35		36	
12	φ_1	21,167°	21°10′	20,567°	20°34′	19,983°	19°59′	19,433°	19°26′	18,917°	18°55′	18,433°	18°26′
	φ_2	68,833°	68°50′	6º,433°	69°26′	70,017°	70°1′	70,567°	70°34′	71,083°	71°5′	71,567°	71°34′
13	φ_1	22,75°	22°45′	22,117°	22°7′	21,50°	21°30′	20,917°	20°55′	20,383°	20°23′	19,85°	19°51′
	φ_2	67,25°	67°15′	67,883°	67°53′	68,30°	68°30′	69,083°	69°5′	69,617°	69°37′	70,15°	70°9′
14	φ_1	24,30°	24°18′	23,617°	23°37′	23,0°	23°0′	22,383°	22°23′	21,80°	21°48′	21,25°	21°15′
	φ_2	65,70°	65°42′	66,389°	66°23′	67,0°	67°0′	67,617°	67°37′	68,20°	68°12′	68,75°	68°45′
15	φ_1	25,833°	25°50′	25,117°	25°7′	24,45°	24°27′	23,80°	23°48′	23,20°	23°12′	22,617°	22°37′
	φ_2	64,167°	64°10′	64,883°	64°53′	65,55°	65°33′	66,20°	66°12′	66,80°	66°48′	67,383°	67°23′
16	φ_1	27,30°	27°18′	26,567°	26°34′	25,867°	25°52′	25,20°	25°12′	24,567°	24°34′	23,967°	23°58′
	φ_2	62,70°	62°42′	63,433°	63°26′	64,133°	64°8′	64,80°	64°48′	65,433°	65°26′	66,033°	66°2′
17	φ_1	28,75°	28°45′	27,983°	27°59′	27,25°	27°15′	26,567°	26°34′	25,90°	25°54′	25,283°	25°17′
	φ_2	61,25°	61°15′	62,017°	62°1′	62,75°	62°45′	63,433°	63°26′	64,10°	64°6′	64,717°	64°43′
18	φ_1	30,15°	30°9′	29,367°	29°22′	28,617°	28°37′	27,90°	27°54′	27,217°	27°13′	26,567°	26°34′
	φ_2	59,85°	59°51′	60,633°	60°38′	61,383°	61°23′	62,10°	62°6′	62,783°	62°47′	63,433°	63°26′
19	φ_1	31,50°	31°30′	30,70°	30°42′	29,933°	29°56′	29,20°	29°12′	28,50°	28°30′	27,833°	27°50′
	φ_2	58,50°	58°30′	59,30°	59°18′	60,067°	60°4′	60,80°	60,48′	61,50°	61°30′	62,167°	62°10′
20	φ_1	32,833°	32°50′	32,0°	32°0′	31,217°	31°13′	30,467°	30°28′	29,75°	29°45′	29,05°	29°3′
	φ_2	57,167	57°10′	58,0°	58°0′	58,783°	58°47′	59,533°	59°32′	60,25°	60°15′	60,95°	60°57′
21	φ_1	34,117°	34°7′	33,283°	33°17′	32,467°	32°28′	31,70°	31°42′	30,967°	30°58′	30,25°	30°15′
	φ_2	55,883°	55°53′	56,717°	56°43′	57,533°	57°32′	58,30°	58°18′	59,033°	59°2′	59,75°	59°45′
22	φ_1	35,367°	35°22′	34,517°	34°31′	33,683°	33°41′	32,90°	32°54′	32,15°	32°9′	31,433°	31°26′
	φ_2	54,633°	54°38′	55,483°	55°29′	56,317°	56°19′	57,10°	57°6′	57,85°	57°51′	58,567°	58°34′
23	φ_1	36,567°	36°34′	35,70°	35°42′	34,883°	34°53′	34,083°	34°5′	33,317°	33°19′	32,583°	32°35′
	φ_2	53,433°	53°26′	54,30°	54°18′	55,117°	55°7′	55,917°	55°55′	56,683°	56°41′	57,417°	57°25′
24	φ_1	37,75°	37°45′	36,867°	36°52′	36,033°	36°2′	35,217°	35°13′	34,45°	34°27′	33,683°	33°41′
	φ_2	52,25°	52°15′	53,133°	53°8′	53,967°	53°58′	54,783°	54°47′	55,55°	55°33′	56,317°	56°19′
25	φ_1	38,883°	38°53′	38,0°	38°0′	37,15°	37°9′	36,333°	36°20′	35,533°	35°32′	34,783°	34°47′
	φ_2	51,117°	51°7′	52,0°	52°0′	52,85°	52°51′	53,667°	53°40′	54,467°	54°28′	55,217°	55°13′
26	φ_1	39,983°	39°59′	39,10°	39°6′	38,233°	38°14′	37,40°	37°24′	36,60°	36°36′	35,833°	35°50′
	φ_2	50,017°	50°1′	50,90°	50°54′	51,767°	51°46′	52,60°	52°36′	53,40°	53°24′	54,167°	54°10′
27	φ_1	41,05°	41°3′	40,15°	40°9′	39,283°	39°17′	38,45°	38°27′	37,65°	37°39′	36,883°	36°53′
	φ_2	48,95°	48°57′	49,85°	49°51′	50,717°	50°43′	51,55°	51°33′	52,35°	52°21′	53,117°	53°7′
28	φ_1	42,083°	42°5′	41,183°	41°11′	40,317°	40°19′	29,467°	39°28′	38,667°	38°40′	37,867°	37°52′
	φ_2	47,917°	47°55′	48,817°	48°49′	49,683°	49°41′	50,533°	50°32′	51,333°	51°20′	52,133°	52°8′
29	φ_1	43,10°	43°6′	42,183°	42°11′	41,317°	41°19′	40,467°	40°28′	39,65°	39°39′	38,85°	38°51′
	φ_2	46,90°	46°54′	48,817°	48°49′	48,683°	48°41′	49,533°	49°32′	50,35°	50°21′	51,15°	51°9′
30	φ_1	44,067°	44°4′	43,15°	43°9′	42,283°	42°17′	41,417°	41°25′	40,60°	40°36′	39,80°	39°48′
	φ_2	45,933°	45°56′	46,85°	46°51′	47,717°	47°43′	48,583°	48°35′	49,40°	49°24′	50,20°	50°12′
31	φ_1	45°	45°	44,10°	44°6′	43,217°	43°13′	42,35°	42°21′	41,533°	41°32′	40,733°	40°44′
	φ_2			45,90°	45°54′	46,783°	46°47′	47,65°	47°39′	48,467°	48°28′	49,267°	49°16′
32	φ_1			45°	45°	46,883°	45°53′	43,267°	43°16′	42,433°	42°26′	41,633°	41°38′
	φ_2					44,117°	44°7′	46,733°	46°44′	47,567°	47°34′	48,367°	48°22′
33	φ_1					45°	45°	44,15°	44°9′	43,317°	43°19′	42,517°	42°31′
	φ_2							45,85°	45°51′	46,683°	46°41′	47,483°	47°29′
34	φ_1							45°	45°	44,167°	44°10′	43,367°	43°22′
	φ_2									45,833°	45°50′	46,633°	46°38′
35	φ_1									45°	45°	44,20°	44°12′
	φ_2											45,80°	45°48′

ÁNGULOS DE LOS CONOS DEL PIÑÓN Y DE LA RUEDA

Número de dientes del piñón

z_1	φ	Número de dientes de la rueda, z_2											
		37		38		39		40		41		42	
12	φ_1	15,967°	17°58′	17,533°	17°32′	17,10°	17°6′	16,70°	16°42′	16,317°	16°19′	15,95°	15°57′
	φ_2	72,033°	72°2′	72,467°	72°28′	72,90°	72°54	73,30°	73°18′	73,683°	73°41′	74,05°	74°3′
13	φ_1	19,35°	19°21′	18,883°	18°53′	18,433°	18°26′	18,017°	18°1′	17,583°	17°35′	17,20°	17°12′
	φ_2	70,65°	70°39′	71,117°	71°7′	71′567°	71°34′	71,983°	71°59′	72,417°	72°25′	72,80°	72°48′
14	φ_1	20,733°	20°44′	20,233°	20°14′	19,75°	19°45′	19,283°	19°17′	18,85°	18°51′	18,433°	18°26′
	φ_2	69,267°	69°16′	69,767°	69°46′	70,25°	70°15′	70,717°	70°43′	71,15°	71°9′	71,567°	71°34′
15	φ_1	22,067°	22°4′	21,533°	21°32′	21,033°	21°2′	20,567°	20°34′	20,10°	20°6′	19,65°	19°39′
	φ_2	67,933°	67°56′	68,467°	68°28′	68,967°	68°58′	69,433°	69°26′	69,90°	69°54′	70,35°	70°21′
16	φ_1	23,383°	23°23′	22,833°	22°50′	22,30°	22°18′	21,80°	21°48′	21,317°	21°19′	20,85°	20°51′
	φ_2	66,617°	66°37′	67,167°	67°10′	67,70°	67°42′	68,20°	68°12′	68,683°	68°41′	69,15°	69°9′
17	φ_1	24,683°	24°41′	24,10°	24°6′	23,55°	23°33′	23,033°	23°2′	22,517°	22°31′	22,033°	22°2′
	φ_2	65,317°	65°19′	65,90°	65°54′	66,45°	66,27′	66,967°	66°58′	67,483°	67°29′	67,967°	67°58′
18	φ_1	25,933°	25°56′	25,35°	25°21′	24,767°	24°46′	24,233°	24°14′	23,70°	23°42′	23,20°	23°12′
	φ_2	64,067°	64°4′	64,65°	64°39′	65,233°	65°14′	65,767°	65°46′	66,30°	66°18′	66,80°	66°48′
19	φ_1	27,183°	27°11′	26,567°	26°34′	25,967°	25°58′	25,40°	25°24′	24,867°	24°52′	24,35°	24°21′
	φ_2	62,817°	62°49′	63,433°	63°26′	64,033°	64°2′	64,60°	64°36′	65,133°	65°8′	65,65°	65°39′
20	φ_1	28,383°	28°23′	27,767°	27°46′	27,15°	27°9′	26,567°	26°34′	26,0°	26°0′	25,467°	25°28′
	φ_2	61,617°	61°37′	62,233°	62°14′	62,85°	62°51′	63,433°	63°26′	64,0°	64°0′	64.533°	64°32′
21	φ_1	29,583°	29°35′	28,933°	28°56′	28,30°	28°18′	27,70°	27°42′	27,117°	27°7′	26,567°	26°34′
	φ_2	60,417°	60°25′	61,067°	61°4′	61,70°	61°42′	62,30°	62°18′	62,883°	62°53′	63,433°	63°26′
22	φ_1	30,75°	30°45′	30,067°	30°4′	29,433°	29°26′	28,817°	28°49′	28,217°	28°13′	27,65°	27°39′
	φ_2	59,25°	59°15′	59,933°	59°56′	60,567°	60°34′	61,183°	61°11′	61,783°	61°47′	62,35°	62,21′
23	φ_1	31,867°	31°52′	31,183°	31°11′	30,533°	30°32′	29,90°	29°54′	29,30°	29°18′	28,70°	28°42′
	φ_2	58,133°	58°8′	58,817°	58°49′	59,467°	59°28′	60,10°	60°6′	60,70°	60°42′	61,30°	61°18′
24	φ_1	32,967°	32°58′	32,267°	32°16′	31,617°	31°37′	30,967°	30°58′	30,35°	30°21′	29,75°	29°45′
	φ_2	57,033°	57°2′	57,733°	57°44′	58,383°	58°23′	59,033°	59°2′	59,65°	59°39′	60,25°	60°15′
25	φ_1	34,05°	34°3′	33,333°	33°20′	32,667°	32°40′	32,0°	32°0′	31,367°	31°22′	30,767°	30°46′
	φ_2	55,95°	55°57′	56,667°	56°40′	57,333°	57°20′	58,0°	58°0′	58,633°	58°38′	59,233°	59°14′
26	φ_1	35,10°	35°6′	34,383°	34°23′	33,683°	33°41′	33,033°	33°2′	32,383°	32°23′	31,767°	31°46′
	φ_2	54,90°	54°54	55,617°	55°37′	56,317°	56°19′	56,967°	56°58′	57,617°	57°37′	58,233°	58°14
27	φ_1	36,117°	36°7′	35,40°	35°24′	34,70°	34°42′	54,017°	34°1′	32,367°	33°22′	32,733°	32°44′
	φ_2	53,883°	53°53′	54,60°	54°36′	55,30°	55°18′	55,983°	55°59′	56,633°	56°38′	57,267°	57°16′
28	φ_1	37,117°	37°7′	36,383°	36°23′	35,683°	35°41′	35,0°	35°0′	34,333°	34°20′	33,683°	33°41′
	φ_2	52,883°	52°53′	53,617°	53°37′	54,317°	54°19′	53,0°	55°0′	35,667°	55°40′	56,317°	56°19′
29	φ_1	38,083°	38°5′	37,35°	37°21′	36,633°	36°38′	35,95°	35°57′	35,267°	35°16′	34,617°	34°37′
	φ_2	51,917°	51°55′	52,65°	52°39′	53,367°	53°22′	54,05°	54°3′	54,733°	54°44′	55,383°	55°23′
30	φ_1	39,033°	39°2′	38,30°	38°18′	37,567°	37°34′	36,883°	36°53′	36,20°	36°12′	35,533°	35°32′
	φ_2	50,967°	50°58′	51,70°	51°42′	52,433°	52°26′	53,117°	53°7′	53,80°	53°48′	54,467°	54°28′
31	φ_1	39,967°	39°58′	39,20°	39°12′	38,483°	38°29′	37,783°	37°47′	37,10°	37°6′	36,433°	36°26′
	φ_2	50,033°	50°2′	50,80°	50°48′	51,517°	51°31′	52,217°	52°13′	52,90°	52°54′	53,567°	53°34′
32	φ_1	40,85°	40°51	40,10°	40°6′	39,367°	39°22′	38,667°	38°40′	37,967°	37°58′	37,30°	37°18′
	φ_2	49,15°	49°9′	49,90°	49°54′	50,633°	50°38′	51,333°	51°20′	52,033°	52°2′	52,70°	52°42′
33	φ_1	41,733°	41°44′	40,967°	40°58′	40,233°	40°14′	39,517°	39°31′	38,833°	38°50′	38,15°	38°9′
	φ_2	48,267°	48°16′	49,033°	49°2′	49,767°	49°46′	50,483°	50°29′	51,167°	51°10′	51,85°	51°51′
34	φ_1	42,583°	42°35′	41,817°	41°49′	41,083°	41°5′	40,367°	40°22′	39,667°	39°40′	39,0°	39°0′
	φ_2	47,417°	47°25′	48,183°	48°11′	48,917°	48°55′	48,633°	49°38′	50,333°	50°20	51,0°	51°0′
35	φ_1	43,417°	43°25′	42,65°	42°39′	41,917°	41°55′	41,20°	41°12′	40,483′	40°29′	39,80°	39°48′
	φ_2	46,583°	46°35′	47,35°	47°21′	48,083°	48°5′	48,80°	48°48′	49,516	49°31′	50,20°	50°12′

Engranajes cónicos

ÁNGULOS DE LOS CONOS DEL PIÑÓN Y DE LA RUEDA

TABLA 33_5 . 9

Número de dientes del piñón

z_1	φ	Número de dientes de la rueda, z_2											
		43		44		45		46		47		48	
12	φ_1	15,583°	15°35′	15,25°	15°15′	14,933°	14°56′	14,617°	14°37′	14,317°	14°19′	14,033°	14°2′
	φ_2	74,417°	74°25′	74,75°	74°25′	75,067°	75°4′	75,383°	75°23′	75,683°	75°41′	75,967°	75°58′
13	φ_1	16,817°	16°49′	16,467°	16°28′	16,117°	16°7′	15,783°	15°47′	15,467°	15°28′	15,15°	15°9′
	φ_2	73,183°	73°11′	73,533°	73°32′	73,883°	73°53′	74,217°	74°13′	74,533°	74°32′	74,85°	74°51′
14	φ_1	18,033°	18°2′	17,65°	17°39′	17,283°	17°17′	16,933°	16°56′	16,583°	16°35′	16,267°	16°16′
	φ_2	71,967	71°58′	72,35°	72°21′	72,717°	72°43′	73,067°	73°4′	73,417°	73°25′	73,733°	73°44′
15	φ_1	19,233°	19°14′	18,833°	18°50′	18,433°	18°26′	18,067°	18°4′	17,70°	17°42′	17,35°	17°21′
	φ_2	70,767°	70°46′	71,167°	71°10′	71,567°	71°34′	71,933°	71°56′	72,30°	72°18′	72,65°	72°39′
16	φ_1	20,417°	20°25′	19,983°	19°59′	19,567°	19°34′	19,183°	19°11′	18,80°	18°48′	18,433°	18°26′
	φ_2	69,583°	69°35′	70,016°	70°1′	70,433°	70°26′	70,817°	70°49′	71,20°	71°12′	71,567°	71°34′
17	φ_1	21,567°	21°34′	21,113°	21°8′	20,717°	20°43′	20,283°	20°17′	19,883°	19°53′	19,5°	19°30′
	φ_2	68,433°	68°26′	68,887°	68°52′	69,283°	69°17′	69,717°	69°43′	70,117°	70°7′	70,5°	70°30′
18	φ_1	22,717°	22°43′	22,25°	22°15′	21,80°	21°48′	21,367°	21°22′	20,95°	20°57′	20,567°	20°34′
	φ_2	67,283°	67°17′	67,75°	67°45′	68,20°	68°12′	68,633°	68°38′	69,05°	69°3′	69,433°	69°26′
19	φ_1	23,833°	23°50′	23,367°	23°22′	22,90°	22°54′	22,433°	22°26′	22,017°	22°1′	21,583°	21°35′
	φ_2	66,167°	66°10′	66,633°	66°38′	67,10°	67°6′	67,567°	67°34′	67,983°	67°59′	68,417°	68°25′
20	φ_1	24,95°	24°57′	24,45°	24°27′	23,967°	23°58′	23,50°	23°30′	23,05°	23°3′	22,617°	22°37′
	φ_2	65,05°	65°3′	65,55°	65°33′	66,033°	66°2′	66,50°	66°30′	66,95°	66°57′	67,383°	67°23′
21	φ_1	26,033	26°2′	25,517°	25°31′	25,017°	25°1′	24,533°	24°32′	24,083°	24°5′	23,633°	23°38′
	φ_2	63,967°	63°58′	64,483°	64°29′	64,983°	64°59′	65,467°	65°28′	65,917°	65°55′	66,367°	66°22′
22	φ_1	27,10°	27°6′	26,567°	26°34′	26,05°	26°3′	25,567°	25°34′	25,083°	25°5′	24,617°	24°37′
	φ_2	62,90°	62°54′	63,433°	63°26′	63,93°	63°57′	64,433°	64°26′	64,917°	64°55′	65,383°	65°23′
23	φ_1	28,133°	28°8′	27,60°	27°36′	27,067°	27°4′	26,567°	26°34′	26,083°	26°5′	25,60°	25°36′
	φ_2	61,867°	61°52′	62,40°	62°24′	62,933°	62°56′	63,433°	63°26′	63,917°	63°55′	64,40°	64°24′
24	φ_1	29,167°	29°10′	28,617°	28°37′	28,067°	28°4′	27,55°	27°33′	27,05°	27°3′	26,567°	26°34′
	φ_2	60,833°	60°50′	61,383°	61°23′	61,933°	61°56′	62,45°	62°27′	62,95°	62°57′	66,433°	63°26′
25	φ_1	30,167°	30°10′	29,60°	29°36′	29,05°	29°3′	28,517°	28°31′	28,017°	28°1′	27,517°	27°31′
	φ_2	59,833°	59°50′	60,40°	60°24′	60,95°	60°57′	61,483°	61°29′	61,983°	61°59′	62,483°	62°29′
26	φ_1	31,167°	31°10′	30,583°	30°35′	30,017°	30°1′	29,483°	29°29′	28,95°	28°57′	28,45°	28°27′
	φ_2	58,833°	58°50′	59,417°	59°25′	59,983°	59°59′	60,517°	60°31′	61,05°	61°3′	61,55°	61°33′
27	φ_1	32,117°	32°7′	31,533°	31°32′	30,967°	30°58′	30,417°	30°25′	29,883°	29°53′	29,367°	29°22′
	φ_2	57,883°	57°53′	58,467°	58°28′	59,033°	59°2′	59,583°	59°35′	60,117°	60°7′	60,633°	60°38′
28	φ_1	33,067°	33°4′	32,467°	32°28′	31,883°	31°53′	31,333°	31°20′	30,783°	30°47′	30,25°	30°15′
	φ_2	56,933°	56°56′	57,533°	57°32′	58,117°	58°7′	58,667°	58°40′	59,217°	59°13′	59,75°	59°45′
29	φ_1	34,0°	34°0′	33,383°	33°23′	32,80°	32°48′	32,233°	32°14′	31,683°	31°41′	31,133°	31°8′
	φ_2	56,0°	56°0′	56,617°	56°37′	57,20°	57°12′	57,767°	57°46′	58,317°	58°19′	58,867°	58°52′
30	φ_1	34,917°	34°55′	34,283°	34°17′	33,683°	33°41′	33,117°	33°7′	32,55°	32°33′	32,0°	32°0′
	φ_2	55,083°	55°5′	55,717°	55°43′	56,317°	56°19′	56,883°	56°53′	57,45°	57°27′	58,0°	58°0′
31	φ_1	35,80°	35°48′	35,167°	35°10′	34,567°	34°34′	33,983°	33°59′	33,40°	33°24′	32,867°	32°52′
	φ_2	54,20°	54°12′	54,883°	54°50′	55,433°	55°26′	56,017°	56°1′	56,60°	56°36′	57,133°	57°8′
32	φ_1	36,65°	36°39′	36,033°	36°2′	35,417°	35°25′	34,817°	34°49′	34,25°	34°15′	33,683°	33°41′
	φ_2	53,35°	53°21′	53,967°	53°58′	54,583°	54°35′	55,183°	55°11′	55,75°	55°45′	56,317°	56°19′
33	φ_1	37,517°	37°31′	36,867°	36°52′	36,25°	36°15′	35,65°	35°39′	35,067°	35°4′	34,50°	34°30′
	φ_2	52,483°	52°29′	53,133°	53°8′	53,75°	53°45′	54,35°	54°21	54,933°	54°56′	55,50°	55°30′
34	φ_1	38,333°	38°20′	37,70°	37°42′	37,067°	37°4′	36,467°	36°28′	35,883°	35°53′	35,317°	35°19′
	φ_2	51,667°	51°40′	52,30°	52°18′	52,933°	52°56′	53,533°	53°32′	54,117°	54°7′	54,683°	54°41′
35	φ_1	39,15°	39°9′	58,50°	38°30′	37,867°	37°52′	37,267°	37°16′	36,667°	36°40′	36,10°	36°6′
	φ_2	50,85°	50°51′	51,50°	51°30′	52,133°	52°8′	52,733°	52°44′	53,333°	53°20′	53,90°	53°54′

Engranajes cónicos	ÁNGULOS DE LOS CONOS DEL PIÑÓN Y DE LA RUEDA	TABLA 33, . 9

z_1	φ	Número de dientes de la rueda, z_2...											
		49		50		51		52		53		54	
12	φ_1	13,767°	13°46′	13,50°	13°30′	13,233°	13°14′	13,0°	13°0′	12,75°	12°45′	12,533°	12°32′
	φ_2	76,233°	76°14′	76,50°	76°30′	76,767°	76°46°	77,0°	77°0′	77,25°	77°15′	77,467°	77°28′
13	φ_1	14,867°	14°52′	14,567°	14°34′	14,30°	14°18′	14,033°	14°2′	13,783°	13°47′	13,533°	13°32′
	φ_2	75,133°	75°8′	75,433°	75°26′	75,70°	75°42′	75,967°	75°58′	76,217°	76°13′	76,467°	76°28′
14	φ_1	15,95°	15°57′	15,65°	15°39′	15,35°	15°21′	15,067°	15°4′	14,80°	14°48′	14,533°	14°32′
	φ_2	74,05°	74°3′	74,35°	74°21	74,65°	74°39′	74,933°	74°56′	75,20°	75°12′	75,467°	75°28′
15	φ_1	17,017°	17°1′	16,70°	16°42′	16,383°	16°23′	16,083°	16°5′	15,80°	15°48′	15,517°	15°31′
	φ_2	72,983°	72°59′	73,30°	73°18′	73,617°	73°37′	73,917°	73°55′	74,20°	74°12′	74,483°	74°29′
16	φ_1	18,083°	18°5′	17,75°	17°45′	17,417°	17°25′	17,10°	17°6′	16,80°	16°48′	16,50°	16°30′
	φ_2	71,917°	71°55′	72,25°	72°15′	72,583°	72°35′	72,90°	72°54′	73,20°	73°12′	73,50°	73°30′
17	φ_1	19,133°	19°8′	18,783°	18°47′	18,433°	18°26′	18,10°	18°6′	17,783°	17°47′	17,483°	17°29′
	φ_2	70,867°	70°52′	71,217°	71°13′	71,567	71°34′	71,90°	71°54′	72,217°	72°13′	72,517°	72°31′
18	φ_1	20,167°	20°10′	19,80°	19°48′	19,45°	19°27′	19,10°	19°6′	18,75°	18°45′	18,433°	18°26′
	φ_2	69,833°	69°50′	70,20°	70°12′	70,55°	70°33′	70,90°	70°54′	71,25°	71°15′	71,567°	71°34′
19	φ_1	21,20°	21°12′	20,80°	20°48′	20,433°	20°26′	20,067°	20°4′	19,717°	19°43′	19,383°	19°23′
	φ_2	68,80°	68°48′	69,20°	69°12′	69,567°	69°34′	69,933°	69°56′	70,283°	70°17′	70,617°	70°37′
20	φ_1	22,20°	22°12′	21,80°	21°48′	21,417°	21°25′	21,05°	21°3′	20,683°	20°41′	20,317°	20°19′
	φ_2	67,80°	67°48′	68,20°	68°12′	68,583°	68°35′	68,95°	68°57′	69,317°	69°19′	69,683°	69°41
21	φ_1	23,20°	23°12′	22,783°	22°47′	22,383°	22°23′	22,0°	22°0′	21,617°	21°37′	21,25°	21°15′
	φ_2	66,80°	66°48′	67,217°	67°13′	67,617°	67°37′	68,0°	68°0′	68,383°	68°23′	68,75°	68°45′
22	φ_1	24,183°	24°11′	23,75°	23°45	23,333°	23°20′	22,933°	22°56′	22,55°	22°33′	22,167°	22°10′
	φ_2	65,817°	65°49′	66,25°	66°15′	66,667°	66°40°	67,067°	67°4′	67,45°	67°27′	67,833°	67°50′
23	φ_1	25,15°	25°9′	24,70°	24°42′	24,267°	24°16′	23,867°	23°52′	23,467°	23°28′	23,083°	23°5′
	φ_2	64,85°	64°51′	65,30°	65°18′	65,733°	65°44′	66,133°	66°8′	66,533°	66°32′	66,917°	66°55′
24	φ_1	26,10°	26°6′	25,633°	25°38′	25,20°	25°12′	24,767°	24°46′	24,367°	24°22′	23,967°	23°58′
	φ_2	63,90°	63°54′	64,367°	64°22′	64,80°	64°48′	65,233°	65°14′	65,633°	65°38′	66,033°	66°2′
25	φ_1	27,033°	27°2′	26,567°	26°34′	26,117°	26°7′	25,667°	25°40′	25,25°	25°15′	24,85°	24°51′
	φ_2	62,967°	62°58′	63,433°	63°26′	63,883°	63°53′	64,333°	64°20′	64,75°	64°45′	65,15°	65°9′
26	φ_1	27,95°	27°57′	27,483°	27°29′	27,017	27°1′	26,567°	26°34′	26,133°	26°8′	25,70°	25°42′
	φ_2	62,05°	62°3′	62,517°	62°31′	62,983°	62°59′	63,433°	63°26′	63,867°	63°52′	64,30°	64°18′
27	φ_1	28,867°	28°52′	28,367°	28°22′	27,90°	27°54′	27,433°	27°26′	27,0°	27°0′	26,567°	26°34′
	φ_2	61,133°	61°8′	61,633°	61°38′	62,10°	62°6′	62,567°	62°34′	63,0°	63°0′	63,433°	63°26′
28	φ_1	29,75°	29°45′	29,25°	29°15′	28,767°	28°46′	28,30°	28°18′	27,85°	27°51′	27,40°	27°24′
	φ_2	60,25°	60°15′	60,70°	60°45′	61,233°	61°14′	61,70°	61°42′	62,15°	62°9′	62,60°	62°36′
29	φ_1	30,617°	30°37′	30,117°	30°7′	29,617°	29°37′	29,15°	29°9′	28,683°	28°41′	28,25°	28°15′
	φ_2	59,383°	59°23′	59,883°	59°53	60,383°	60°23′	60,85°	60°51′	61,317°	61°19′	61,75°	61°45′
30	φ_1	31,467°	31°28′	30,967°	30°58′	30,467°	30°28′	29,983°	29°59′	29,517°	29°31′	29,05°	29°3′
	φ_2	58,533°	58°32′	59,033°	59°2′	59,533°	59°32′	60,017°	60°1′	60,483°	60°29′	60,95°	60°57′
31	φ_1	32,317°	32°19′	31,80°	31°48′	31,30°	31°18′	30,80°	30°48′	30,317°	30°19′	29,90°	29°54′
	φ_2	57,683°	57°41′	58,20°	58°12′	58,70°	58°42	59,20°	59°12′	59,683°	59°41′	60,10°	60°6′
32	φ_1	33,133°	33°8′	32,617°	32°37′	32,10°	32°6′	31,433°	31°26′	31,133°	31°8′	30,65°	30°39′
	φ_2	56,867°	56°52′	57,383°	57°23′	57,90°	57°54′	58,567°	58°34′	58,867°	58°52′	59,35°	59°21′
33	φ_1	33,967°	33°58′	33,433°	33°26′	32,90°	32°54′	32,40°	32°24′	31,917°	31°55′	31,433°	31°26′
	φ_2	56,033°	56°2′	56,567°	56°34′	57,10°	57°6′	57,60°	57°36′	58,083°	58°5′	58,567°	58°34′
34	φ_1	34,75°	34°45′	34,217°	34°13′	33,683°	33°41′	33,183°	33°11′	32,683°	32°41′	32,20°	32°12′
	φ_2	55,25°	55°15′	55,783°	55°47′	56,317°	56°19′	56,817°	56°49′	57,317°	57°19′	57,80°	57°48′
35	φ_1	35,533°	35°32′	35,0°	35°0′	34,467°	34°28′	33,95°	33°57′	33,45°	33°27′	32,95°	32°57′
	φ_2	54,467°	54°28′	55,0°	55°0′	55,533°	55°32′	56,05°	56°3′	56,55°	56°33′	57,05°	57°3′

Engranajes cónicos	ÁNGULOS DE LOS CONOS DEL PIÑÓN Y DE LA RUEDA	TABLA 33_7 . 9

ÁNGULOS DE LOS CONOS DEL PIÑÓN Y DE LA RUEDA

Número de dientes de la rueda, z_2...

z_1	φ	55		56		57		58		59		60	
12	φ_1	12,30°	12°18′	12,10°	12°6′	11,883°	11°53′	11,683°	11°41′	11,50°	11°30′	11,317°	11°19′
	φ_2	77,70°	77°42′	77,90°	77°54′	78,117°	78°7′	78,317°	78°19′	78,50°	78°30′	78,683°	78°41′
13	φ_1	13,30°	13,18′	13,067°	13°4′	12,85°	12°51′	12,633°	12°38′	12,433°	12°26′	12,233°	12°14′
	φ_2	76,70°	76°42′	76,933°	76°56′	77,15°	77°9′	77,367°	77°22′	77,567°	77°34′	77,767°	77°46′
14	φ_1	14,283°	14°17′	14,033°	14°2′	13,80°	13°48′	13,567°	13°34′	13,35°	13°21′	13,133°	13°8′
	φ_2	75,717°	75°43′	75,967°	75°58′	76,20°	76°12′	76,433°	76°26′	76,65°	76°39′	76,867°	76°52′
15	φ_1	15,267°	15°16′	15,0°	15°0′	14,75°	14°45′	14,50°	14°30′	14,267°	14°16′	14,033°	14°2′
	φ_2	74,733°	74°44′	75,0°	75°0′	75,25°	75°15′	75,50°	75°30′	75,733°	75°44′	75,967°	75°58′
16	φ_1	16,217°	16°13′	15,95°	15°57′	15,683°	15°41′	15,417°	15°25′	15,183°	15°11′	14,933°	14°56′
	φ_2	73,783°	73°47′	74,05°	74°3′	74,317°	74°19′	74,583°	74°35′	74,817°	74°49′	75,067°	75°4′
17	φ_1	17,183°	17°11′	16,883°	16°53′	16,60°	16°36′	16,333°	16°20′	16,067°	16°4′	15,817°	15°49′
	φ_2	72,817°	72°49′	73,117°	73°7′	73,40°	73°24′	73,667°	73°40′	73,933°	73°56′	74,183°	74°11′
18	φ_1	18,117°	18°7′	17,817°	17°49′	17,517°	17°31′	17,25°	17°15′	16,967°	16°58′	16,70°	16°42′
	φ_2	71,883°	71°53′	72,183°	72°11′	72,483°	72°29′	72,75°	72°45′	73,033°	73°2′	73,30°	73°18′
19	φ_1	19,05°	19°3′	18,75°	18°45′	18,433°	18°26′	18,133°	18°8′	17,85°	17°51′	17,567°	17°34′
	φ_2	70,95°	70°57′	71,25°	71°15′	71,567°	71°34′	71,867°	71°52′	72,15°	72°9′	72,433°	72°26′
20	φ_1	19,983°	19°59′	19,65°	19°39′	19,333°	19°20′	19,017°	19°1′	18,733°	18°44′	18,433°	18°26′
	φ_2	70,17°	70°1′	70,35°	70°21′	70,667°	70°40	70,983°	70°59′	71,267°	71°16′	71,567°	71°34
21	φ_1	20,90°	20°54′	20,567°	20°34′	20,233°	20°14′	19,90°	19°54′	19,60°	19°36′	19,283°	19°17′
	φ_2	69,10°	69°6′	69,433°	69°26′	69,767°	69°46′	70,10°	70°6′	70,40°	70°24′	70,717°	70°43′
22	φ_1	21,80°	21°48′	21,45°	21°27′	21,10°	21°6′	20,783°	20°47′	20,45°	20°27′	20,133°	20°8′
	φ_2	68,20°	68°12′	68,55°	68°33′	68,90°	68°54′	69,217°	69°13′	69,55°	69°33′	69,867°	69°52′
23	φ_1	22,70°	22°42′	22,317°	22°19′	21,967°	21°58′	21,633°	21°38′	21,30°	21°18′	20,967°	20°58′
	φ_2	67,30°	67°18′	67,683°	67°41′	68,033°	68°2′	68,367°	68°22′	68,70°	68°42′	69,033°	69°2′
24	φ_1	23,567°	23°34′	23,20°	23°12′	22,833°	22°50′	22,483°	22°29′	22,133°	22°8′	21,80°	21°48′
	φ_2	66,433°	66°26′	66,80°	66°48′	67,167°	67°10′	67,517°	67°31′	67,867°	67°52′	68,20°	68°12′
25	φ_1	24,45°	24°27′	24,05°	24°3′	23,683°	23°41′	23,317°	23°19′	22,967°	22°58′	22,617°	22°37′
	φ_2	65,55°	65°33′	65,95°	65°57′	66,317°	66°19′	66,683°	66°41′	67,033°	67°2′	67,383°	67°23′
26	φ_1	25,30°	25°18′	24,90°	24°54′	24,517°	24°31′	24,15°	24°9′	23,783°	23°47′	23,433°	23°26′
	φ_2	64,70°	64°42′	65,10°	65°6′	65,483°	65°29′	65,85°	65°51′	66,217°	66°13′	66,567°	66°34′
27	φ_1	26,15°	26°9′	25,733°	25°44′	25,35°	25°21′	24,967°	24°58′	24,583°	24°35′	24,233°	24°14′
	φ_2	63,85°	63°51′	64,267°	64°16′	64,65°	64°39′	65,033°	65°2′	65,417°	65°25′	65,767°	65°46′
28	φ_1	26,983°	26°59′	26,567°	26°34′	26,167°	26°10′	25,767°	25°46′	25,383°	25°23′	25,017°	25°1′
	φ_2	63,017°	63°1′	63,433°	63°26′	63,833°	63°50′	64,233°	64°14′	64,617°	64°37′	64,983°	64°59′
29	φ_1	27,80°	27°48′	27,383°	27°23′	26,967°	26°58′	26,567°	26°34′	26,167°	26°10′	25,80°	25°48′
	φ_2	62,20°	62°12′	62,617°	62°37′	63,033°	63°2′	63,433°	63°26′	63,833°	63°50′	64,20°	64°12′
30	φ_1	28,617°	28°37′	28,183°	28°11′	27,767°	27°46	27,35°	27°21′	26,95°	26°57′	26,567°	26°34′
	φ_2	61,383°	61°23′	61,817°	61°49′	62,233°	62°14′	62,65°	62°39°	63,05°	63°3′	63,433°	63°26′
31	φ_1	29,40°	29°24′	28,967°	28°58′	28,533°	28°32′	28,117°	28°7′	27,70°	27°42′	27,333°	27°20′
	φ_2	60,60°	60°36′	61,033°	61°2′	61,467°	61°28′	61,883°	61°53′	62,30°	62°18′	62,667°	62°40′
32	φ_1	30,20°	30°12′	29,75°	29°45′	29,317°	29°19′	28,883°	28°53′	28,467°	28°28′	28,067°	28°4′
	φ_2	59,80°	59°48′	60,25°	60°15′	60,683°	60°41′	61,117°	61°7′	61,533°	61°32′	61,933°	61°56′
33	φ_1	30,967°	30°58′	30,517°	30°31′	30,067°	30°4′	29,65°	29°39′	29,217°	29°13′	28,817°	28°49′
	φ_2	59,033°	59°2′	59,483°	59°29′	59,933°	59°56′	60,35°	60°21′	60,783°	60°47′	61,183°	61°11′
34	φ_1	31,733°	31°44′	31,267°	31°16′	30,817°	30°49′	30,383°	30°23′	29,95°	29°57′	29,533°	29°32′
	φ_2	58,267°	58°16′	58,733°	58°44′	59,183°	59°11′	59,617°	59°37′	60,05°	60°3′	60,467°	60°28′
35	φ_1	32,467°	32°28′	32,0°	32°0′	31,55°	31°33′	31,117°	31°7′	30,683°	30°41′	30,25°	30°15′
	φ_2	57,533°	57°32′	58,0°	58°0′	58,45°	58°27′	58,883°	58°53′	59,317°	59°19′	59,75°	59°45′

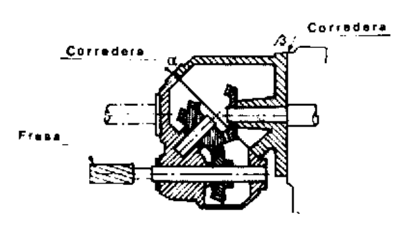
SECCIÓN DÉCIMA

CABEZALES Y DIVISORES CIRCUNFERENCIALES PARA FRESADO

DIVISIÓN ANGULAR CABEZAL DIVISOR HURÉ

Disposición del cabezal

El cabezal universal P. Huré de aplicación para el fresado horizontal, vertical, radial en el plano vertical, angular (inclinado) en el plano vertical perpendicular a la mesa de la frescadora, y oblicuo o angular en el plano horizontal. Consta de dos partes, la primera lleva el árbol portafresas en posición horizontal, y se une con la otra parte del cabezal según un plano o corredera a 45°; el segundo cuerpo se une mediante otro plano o corredera vertical con la parte frontal superior de la fresadora.



Aplicación

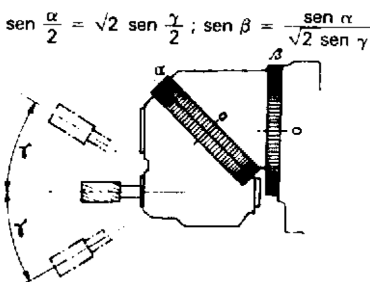
a) Disposición para el fresado horizontal, con la fresa situada perpendicularmente a la fresadora. Los dos cuerpos están unidos dispuestos sus ejes en un plano vertical.

b) Disposición para el fresado vertical, con la fresa situada verticalmente. Los dos cuerpos están unidos con sus ejes situados en el plano vertical; la disposición se ha conseguido por giro de 180° de la corredera α.

c) Disposición para el fresado radial en un plano vertical paralelo ala cara frontal de la fresadora; esta disposición se consigue por giro de hasta 360° de la corredera β, estando primeramente el cabezal situado como en *b)*.

d) Disposición para el fresado inclinado. La fresa está situada como en *a)* y por giro de las dos correderas se consigue que adopte disposiciones angulares γ oblicuas para el fresado en V. El movimiento angular se determina como seguidamente se indica, y los giros angulares de la correderas se exponen en la Tabla 1-10.

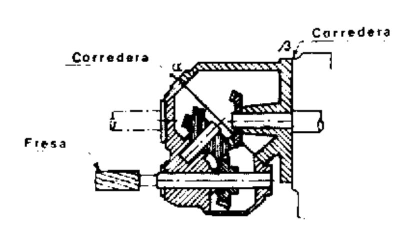
$$\text{sen}\,\frac{\alpha}{2} = \sqrt{2}\ \text{sen}\,\frac{\gamma}{2}\ ;\ \text{sen}\,\beta = \frac{\text{sen}\,\alpha}{\sqrt{2}\ \text{sen}\,\gamma}$$

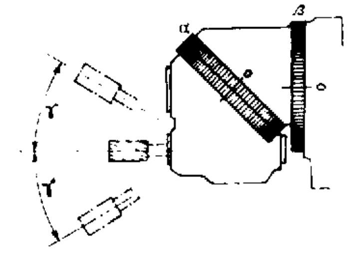


e) Disposición para el fresado oblicuo (helicoidal). La fresa está situada como en *a)* y por giro de las dos correderas adopta posiciones angulares (como para fresado de hélices). El movimiento angular se determina como se indica, y en la Tabla 2-10 se exponen giros angulares de las correderas para conseguir determinados valores de δ.

$$\text{sen}\,\frac{\alpha}{2} = \sqrt{2}\ \text{sen}\,\frac{\delta}{2}\ ;\ \text{sen}\,\gamma = \frac{\text{sen}\,\alpha}{\sqrt{2}\ \text{sen}\,\delta}\ ;\ \beta = 90° - \gamma$$

Cabeza divisor	DIVISIÓN ANGULAR.–CABEZAL DIVISOR HURÉ ÁNGULOS PARA EL FRESADO INCLINADO	TABLA 1 . 10

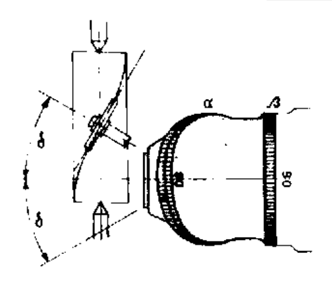




Grados con fracciones decimales

Ángulo de la fresa en el plano vertical γ	Correderas		Ángulo de la fresa en el plano vertical γ	Correderas		Ángulo de la fresa en el plano vertical γ	Correderas	
	Ángulo de la corredera α	Ángulo de la corredera β		Ángulo de la corredera α	Ángulo la corredera β		Angulo de la corredera α	Ángulo de la corredera β
1°	1,4°	89,5°	30°	42,9°	74,5°	60°	90,0°	54,7°
1,5°	2,1°	89,3°	31°	44,4°	73,9°	61°	91,7°	53,9°
2°	2,8°	89,0°	32°	45,9°	73,3°	62°	93,5°	53,1°
3°	4,2°	88,5°	33°	47,4°	72,8°	63°	95,3°	52,2°
4°	5,7°	88,0°	34°	48,8°	72,2°	64°	97,1°	51,3°
5°	7,1°	87,5°	35°	50,3°	71,6°	65°	98,9°	50,4°
6°	8,5°	87,0°	36°	51,8°	71,0°	66°	100,7°	49,5°
7°	9,9°	86,5°	37°	53,3°	70,4°	67°	102,6°	48,6°
8°	11,3°	86,0°	38°	54,8°	69,9°	68°	104,5°	47,6°
9°	12,7°	85,5°	39°	56,3°	69,3°	69°	106,5°	46,6°
10°	14,2°	85,0°	40°	57,8°	68,6°	70°	108,4°	45,6°
11°	15,6°	84,5°	41°	59,4°	68,0°	71°	110,4°	44,5°
12°	17,0°	84,0°	42°	60,9°	67,4°	72°	112,5°	43,4°
13°	18,4°	83,5°	43°	62,4°	66,8°	73°	114,5°	42,3°
14°	19,8°	82,9°	44°	64,0°	66,2°	74°	116,7°	41,1°
15°	21,3°	82,4°	45°	65,5°	65,5°	75°	118,8°	39,9°
16°	22,7°	81,9°	46°	67,1°	64,9°	76°	121,1°	38,6°
17°	24,1°	81,4°	47°	68,6°	64,2°	77°	123,4°	37,3°
18°	25,6°	80,9°	48°	70,2°	63,6°	78°	125,7°	35,9°
19°	27,0°	80,3°	49°	71,8°	62,9°	79°	128,2°	34,5°
20°	28,4°	79,8°	50°	73,4°	62,2°	80°	130,7°	33,0°
21°	29,9°	79,3°	51°	75,0°	61,5°	81°	133,4°	31,3°
22°	31,3°	78,8°	52°	76,6°	60,8°	82°	136,2°	29,6°
23°	32,7°	78,3°	53°	78,2°	60,1°	83°	139,1°	27,8°
24°	34,2°	77,7°	54°	79,9°	59,4°	84°	142,3°	25,8°
25°	35,6°	77,2°	55°	81,5°	58,6°	85°	145,7°	23,6°
26°	37,1°	76,6°	56°	83,2°	57,9°	86°	149,4°	21,2°
27°	38,5°	76,1°	57°	84,9°	57,1°	87°	153,6°	18,4°
28°	40,0°	75,6°	58°	86,6°	56,3°	88°	158,5°	15,0°
29°	41,5°	75,0°	59°	88,3°	55,5°	89°	164,8°	10,7°

Cabeza divisor	DIVISIÓN ANGULAR.–CABEZAL DIVISOR **HURÉ** ÁNGULOS PARA EL FRESADO OBLICUO (HELICOIDAL)	TABLA 2 . 10



Grados con fracciones decimales

Ángulo de la fresa en el plano vertical	*Correderas*		*Ángulo de la fresa en el plano vertical*	*Correderas*		*Ángulo de la fresa en el plano vertical*	*Correderas*	
	Ángulo de la corredera	*Ángulo de la corredera*		*Ángulo de la corredera*	*Ángulo la corredera*		*Ángulo de la corredera*	*Ángulo de la corredera*
γ	α	β	γ	α	β	γ	α	β
1°	1,4°	0,5°	20,5°	29,1°	10,4°	40°	57,8°	21,3°
1,5°	2,1°	0,8°	21°	29,9°	10,7°	40,5°	58,6°	21,7°
2°	2,8°	1,0°	21,5°	30,6°	10,9°	41°	59,4°	22,0°
2,5°	3,5°	1,3°	22°	31,3°	11,2°	41,5°	60,1°	22,3°
3°	4,2°	1,5°	22,5°	32,0°	11,5°	42°	60,9°	22,6°
3,5°	4,9°	1,8°	23°	32,7°	11,7°	42,5°	61,7°	22,9°
4°	5,7°	2,0°	23,5°	33,5°	12,0°	43°	62,4°	23,2°
4,5°	6,4°	2,3°	24°	34,2°	12,3°	43,5°	63,2°	23,5°
5°	7,1°	2,5°	24,5°	34,9°	12,5°	44°	64,0°	23,8°
5,5°	7,8°	2,8°	25°	35,6°	12,8°	44,5°	64,7°	24,2°
6°	8,5°	3,0°	25,5°	36,4°	13,1°	45°	65,5°	24,5°
6,5°	9,2°	3,3°	26°	37,1°	13,4°	45,5°	66,3°	24,8°
7°	9,9°	3,5°	26,5°	37,8°	13,6°	46°	67,1°	25,1°
7,5°	10,6°	3,8°	27°	38,5°	13,9°	47°	68,6°	25,8°
8°	11,3°	4,0°	27,5°	39,3°	14,2°	48°	70,2°	26,4°
8,5°	12,0°	4,3°	28°	40,0°	14,4°	49°	71,8°	27,1°
9°	12,7°	4,5°	28,5°	40,7°	14,7°	50°	73,4°	27,8°
9,5°	13,4°	4,8°	29°	41,5°	15,0°	51°	75,0°	28,5°
10°	14,2°	5,0°	29,5°	42,2°	15,3°	52°	76,6°	29,2°
10,5°	14,9°	5,3°	30°	42,9°	15,5°	53°	78,2°	29,9°
11°	15,6°	5,5°	30,5°	43,7°	15,8°	54°	79,9°	30,6°
11,5°	16,3°	5,8°	31°	44,4°	16,1°	55°	81,5°	31,4°
12°	17,0°	6,0°	31,5°	45,1°	16,4°	56°	83,2°	32,1°
12,5°	17,7°	6,3°	32°	45,9°	16,7°	57°	84,9°	32,9°
13°	18,4°	6,5°	32,5°	46,6°	17,0°	58°	86,6°	33,7°
13,5°	19,1°	6,8°	33°	47,4°	17,2°	59°	88,3°	34,5°
14°	19,8°	7,1°	33,5°	48,1°	17,5°	60°	90,0°	35,3°
14,5°	20,6°	7,3°	34°	48,8°	17,8°	61°	91,7°	36,1°
15°	21,3°	7,6°	34,5°	49,6°	18,1°	62°	93,5°	36,9°
15,5°	22,0°	7,8°	35°	50,3°	18,4°	63°	95,3°	37,8°
16°	22,7°	8,1°	35,5°	51,1°	18,7°	64°	97,1°	38,7°
16,5°	23,4°	8,3°	36°	51,8°	19,0°	65°	98,9°	39,6°
17°	24,1°	8,6°	36,5°	52,6°	19,3°	66°	100,7°	40,5°
17,5°	24,9°	8,9°	37°	53,3°	19,6°	67°	102,6°	41,4°
18°	25,6°	9,1°	37,5°	54,1°	19,8°	68°	104,5°	42,4°
18,5°	26,3°	9,4°	38°	54,8°	20,1°	69°	106,5°	43,4°
19°	27,0°	9,6°	38,5°	55,6°	20,4°	70°	108,4°	44,4°
19,5°	27,7°	9,9°	39°	56,3°	20,7°	75°	118,8°	50,1°
20°	28,4°	10,2°	39,5°	57,1°	21,0°	80°	130,7°	57,0°

APARATOS DIVISORES

Generalidades

Los aparatos divisores son medios auxiliares de las máquinas fresadoras y de otras máquinas herramienta, como taladros, mandrinadoras, etc. Con estos aparatos se realizan operaciones espaciadas uniformemente sobre piezas, generalmente cilíndricas, como el fresado de diente de ruedas, tallado de caras poligonales, ranurado longitudinal, etc.

La pieza, que se fija durante el trabajo de fresado, se gira convenientemente y se fija para realizar otra operación de trabajo.

Los aparatos divisores funcionan manual o automáticamente, figurando entre los primeros los divisores semi-universales, los universales, y los platos divisores horizontales o verticales. Con los divisores se realizan operaciones de división directa, simple (o indirecta) y la diferencial.

La división directa se realiza por medio de un disco montado sobre el árbol del cabezal del divisor, que en su periferia tiene veinticuatro ranuras equidistantes que permiten realizar directamente 2, 3, 4, 6, 8, 12 ó 24 divisiones circunferenciales en una pieza cilíndrica. La división simple y la diferencial se efectúa por medio de una manivela montada en el extremo de un árbol, que a su vez dispone de un tornillo sin fin que accina a una rueda helicoidal montada sobre el eje del cabezal.

Aparatos divisores

Los aparatos divisores semi-universales permiten efectuar divisiones directas por medio del disco ranurado, y divisiones simples, muy superiores en número, por medio del sin fin y la rueda helicoidal; los divisores universales, además de la división directa y simple, pueden realizar divisiones diferenciales, imposibles de efectuar con los divisores semi-universales. Con los platos divisores, mediante treinta y seis muescas realizadas sobre el borde circular del tambor se pueden realizar 2, 3, 4, 6, 9, 12, 18 y 36 divisiones sobre las piezas correspondientes, y mediante la división del tambor en 360°, se efectúan divisiones angulares; con un tipo de plato divisor con dispositivo de división similar al de los platos universales, se pueden efectuar divisiones diferenciales.

Platillos con agujeros circunferenciales

Los platillos utilizados para la división diferencial, están provistos de agujeros cilíndricos, en número variable, dispuestos en filas concéntricas; se consideran tres series de platillos con agujeros sobre una o las dos caras.

1.ª Serie
- A, con 15, 16, 17, 18, 19 y 20 agujeros dispuestos circunferencialmente.
- B, con 21, 23, 27, 29, 31 y 33 agujeros dispuestos circunferencialmente.
- C, con 37, 39, 41, 43, 47 y 49 agujeros dispuestos circunferencialmente.

2.ª Serie
- A, con 24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42 y 43 agujeros circunferenciales
- B, con 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 59, 62 y 66 agujeros circunferenciales

3.ª Serie

c

- A, con 30, 48, 69, 91, 99, 117, 128, 129, 147, 171, 177 y 189 agujeros circunferenciales
- B, con 36, 67, 81, 97, 111, 127, 141, 157, 169, 183, 199 agujeros circunferenciales
- C, con 34, 46, 79, 93, 109, 123, 139, 153, 167, 181, 197 agujeros circunferenciales
- D, con 32, 44, 77, 89, 107, 121, 137, 151, 163, 179, 193 agujeros circunferenciales
- E, con 26, 42, 73, 87, 103, 119, 130, 133, 149, 161, 175, 191 agujeros circunferenciales
- F, con 28, 38, 71, 83, 101, 113, 131, 143, 159, 173, 187 agujeros circunferenciales

Tren de ruedas (división diferencial)

Para la división diferencial, los aparatos divisores llevan un tren de engranajes; se utilizan dos series de ruedas dentadas para componer los trenes correspondientes.

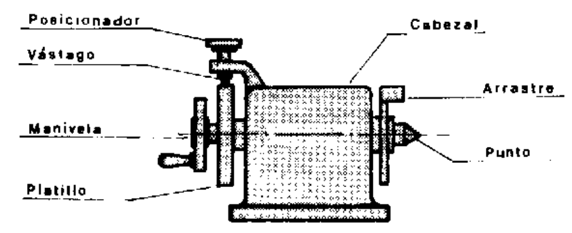
1.ª Serie A, con 20, 24, 28, 32, 40, 44, 48, 56, 64, 72, 86, 100, dientes del mismo módulo.
2.ª Serie B, con 24, 28, 30, 32, 36, 37, 40, 48, 49, 56, 60, 64, 66, 68, 72, 76, 78, 80, 84, 86, 90, 96, 100, dientes del mismo módulo (evolvente).

NOTA.—Otras series de platillos con agujeros circunferenciales y de engranajes se citan en algunas Tablas.

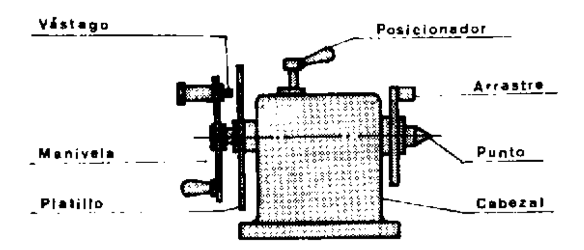
DIVISOR DIRECTO

Divisores

Para efectuar la división directa se utiliza el más simple de los aparatos divisores, que está compuesto por un cabezal con su base de apoyo, que es atravesado longitudinalmente por un árbol giratorio. El árbol termina en uno de sus extremos en un punto de apoyo para la pieza (semejante al de los tornos y en un platillo de garras o dispositivo de arrastre para el giro de la pieza; en el otro extremo lleva un platillo con muescas o divisiones periféricas en número suficiente para que se pueda realizar cierto número de divisiones iguales. Un tornillo o vástago retráctil que se introduce en las muescas periféricas del platillo, sirve para fijar a éste durante la operación de fresado.

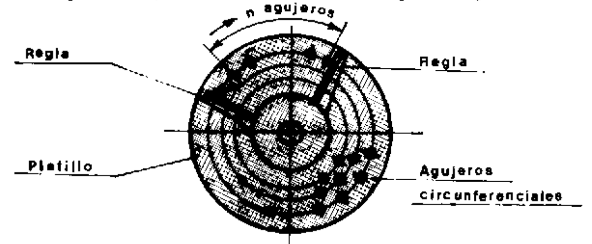


Otro tipo de divisor directo lleva en un extremo un platillo cambiable con agujeros circunferenciales, correspondiente a una serie cualquiera de las que se han citado anteriormente, sobre el que actúa una manivela con un vástago retráctil que puede introducirse en uno de los muchos agujeros circunferenciales (el conveniente), y que servirá para hacer girar el platillo, y con él al árbol sobre el cual está fijado, para hacer las divisiones sobre la pieza. El platillo se inmoviliza durante la operación de fresado, por medio de un tornillo o dispositivo de fijación, sobre el cabezal.



Platillos

Para efectuar la cuenta del número de agujeros que se han de tomar para efectuar una división, los platillos tienen una serie de circunferencias concéntricas formadas por variado número de agujeros del mismo diámetro (en los que se introduce el vástago del divisor), y sobre ellas dos reglas que se abren o cierran radialmente, comprendiendo cierto número de agujeros que se corresponden a una división, más uno sobre el que se sitúa el vástago. La cuenta o pasos de la división se realiza haciendo girar al disco por medio del vástago hasta que éste se sitúe sobre la segunda regla.



NOTA. — En la Tabla 3.10 se indica los agujeros que se pueden realizar directamente con platillos de las series 1.ª y 2.ª

Aparatos divisores	**DIVISIÓN DIRECTA** *Divisiones con platillos de las series 1.ª y 2.ª*	TABLA 3 . 10

PLATILLOS DE LA SERIE 1.ª

Platillo A

Agujeros del platillo	*División*		*Ángulo de paso*
	Divisiones N	*Paso de aguj. pa*	*α°*
15	3	5	120
	5	3	72
	15	1	24
16	2	8	180
	4	4	90
	8	2	45
	16	1	22,5
17	17	1	21,18
18	2	9	180
	3	6	120
	6	3	60
	9	2	40
	18	1	20
19	19	1	18,95
20	2	10	180
	4	5	90
	5	4	72
	10	2	36
	20	1	18

Platillo B

Agujeros del platillo	*División*		*Ángulo de paso*
	Divisiones N	*Paso de aguj. pa*	*α°*
21	3	7	120
	7	3	51,43
	21	1	17,14
23	23	1	15,65
27	3	9	120
	9	3	40
	27	1	13,33
29	29	1	12,41
31	31	1	11,61
33	3	11	120
	11	3	32,73
	33	1	10,91

Platillo C

Agujeros del platillo	*División*		*Ángulo de paso*
	Divisiones N	*Paso de aguj. pa*	*α°*
37	37	1	9,73
39	3	13	120
	13	3	27,69
	39	1	9,23
41	41	1	8,78
43	43	1	8,37
47	47	1	7,66
49	7	7	51,43
	49	1	7,35

PLATILLOS DE LA SERIE 2.ª

Platillo A

Aguj. del platillo	*División*		*Ángulo de paso*
	Divis. N	*Paso de ag. pa*	*α°*
24	2	12	180
	3	8	120
	4	6	90
	6	4	60
	8	3	45
	12	2	30
	24	1	15
25	5	5	72
	25	1	14,4
28	2	14	180
	4	7	90
	7	4	51,43
	14	2	25,71
	28	1	12,86
30	2	15	180
	3	10	120
	5	6	72
	6	5	60
	10	3	36
	15	2	24
	30	1	12

Aguj. del platillo	*División*		*Ángulo de paso*
	Divis. N	*Paso de ag. pa*	*α°*
34	2	17	180
	17	2	21,18
	34	1	10,59
37	37	1	9,73
38	2	19	180
	19	2	18,95
	38	1	9,47
39	3	13	120
	13	3	27,69
	39	1	9,23
41	41	1	8,78
42	2	21	180
	3	14	120
	6	7	60
	7	6	51,43
	14	3	25,71
	21	2	17,14
	42	1	8,57

Platillo B

Aguj. del platillo	*Divisiones*		*Ángulo de paso*
	Divis. N	*Paso de pa*	*α°*
46	2	23	180
	23	2	15,65
	46	1	7,83
47	47	1	7,66
49	7	7	51,43
	49	1	7,35
51	3	17	120
	17	3	21,18
	51	1	7,06
53	53	1	6,79
54	2	27	180
	3	18	120
	6	9	60
	9	6	40
	18	3	20
	27	2	13,33
	54	1	6,67

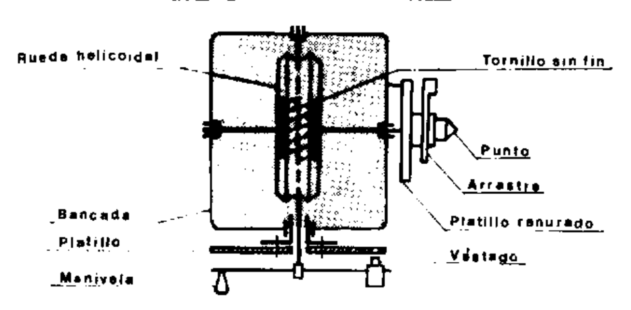
Aguj. del platillo	*Divisiones*		*Ángulo de paso*
	Divis. N	*Paso de ag. pa*	*α°*
57	57	1	6,32
58	2	29	180
	29	2	12,41
	58	1	6,21
59	59	1	6,10
62	2	31	180
	31	2	11,61
	62	1	5,81
66	2	33	180
	3	22	120
	6	11	60
	11	6	32,73
	22	3	16,36
	33	2	10,91
	66	1	5,45

DIVISOR SEMI-UNIVERSAL

Composición

El divisor semi-universal se compone de un bastidor dentro del cual se halla una rueda helicoidal montada sobre el árbol principal, que está soportado en sus extremos, y sobre uno de ellos, saliente, se dispone el punto para apoyo de la pieza y el dispositivo o plato de arrastre, así como también un plato con muescas periféricas (24 con separación uniforme) para la división directa, que se inmoviliza por medio de un pasador. La rueda helicoidal es accionada por un tornillo sin fin que gira mediante una manivela montada en su extremo; en esta manivela y en el extremo opuesto al de la manilla se halla dispuesto un vástago retráctil corredero que puede encajar en los distintos agujeros del platillo divisor, montado loco sobre el árbol del tornillo sin fin, y que se fija al bastidor mediante un pasador.

La relación de división del tornillo sin fin y la rueda helicoidal, generalmente es i = 40/1 (en algunos aparatos, i = 60/1). Con divisores de relación i = 40/1 y los platillos de la 1.ª serie, se pueden realizar todas las divisiones de 2 a 50, con los de la 2.ª todas las de 2 a 60 y con los de la 3.ª serie de platillos todas las divisiones de 2 a 200, y con las tres series otras muchas divisiones como puede apreciarse en las Tablas correspondientes que seguirán.



Se considera:

- N El número de divisiones a efectuar en la pieza.
- i La relación de división igual a 40/1 (puede ser 60/1).
- n El número de vueltas que ha de dar la manivela para cada división.

La manivela ha de girar 40 vueltas para que el árbol principal del divisor, y con él la pieza, gire una vuelta.

Ejemplo 1.°. — El número de divisiones N es menor que la relación de división (i = 40/1) y su cociente es un número entero.

Sea a efectuar 5 divisiones (dientes, muescas, etc.) en un cuerpo cilíndrico; i = 40/1.

$$n = \frac{40}{8} = 5$$ vueltas de la manivela (con un platillo cualquiera).

Ejemplo 2.°. — El número de divisiones es menor que i, pero no lo divide exactamente. Sea a efectuar 7 divisiones en un cuerpo cilíndrico

$$n = \frac{40}{7} = 5$$ con un resto de 5/7; se efectuarán 5 vueltas de manivela más 5/7 de vuelta

para cada división, utilizando un platillo con divisiones circunferenciales múltiplos de 7, como pueden ser 15 pasos de agujeros del platillo de 21, o bien 35 pasos del platillo de 49 divisiones circunferenciales, ambos platillos de la serie 1.ª.

Ejemplo 3.°. — El número de divisiones es mayor que i.

Sea a efectuar 65 divisiones (dientes) en una rueda.

$$n = \frac{40}{65} = \frac{8}{13} = \frac{24}{39}$$; para cada división de la rueda (dientes) el vástago de la manivela se desplazará 24 pasos o agujeros en el platillo de 39 divisiones circunferenciales (serie 1.ª).

Aparatos divisores	DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA) RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1	TABLA 4 . 10

PLATILLOS

Serie 1.ª



APLICACIÓN

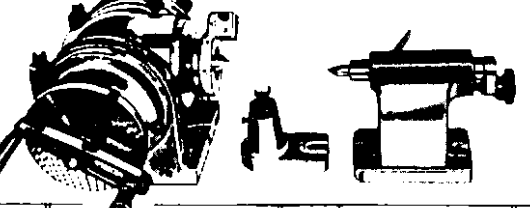
Divisores:
Semi-universales
Universales

N.º de divis. N	Manivela: N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. circunfer. a_c	N.º de divis. N	Manivela: N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. a_c	N.º de divis. N	Manivela: N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. a_c	N.º de divis. N	N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. a_c
2	20	--	Cualq.	38	1	1	19	90	0	12	27	188	0	10	47
3	13	13	39	39	1	1	39	92		10	23	190		4	19
4	10	—	Cualq.	40	1	—	Cualq.	94		20	47	195		8	39
5	8	—	Cualq.	41	0	40	41	95		8	19	196		10	49
6	6	26	39	42		20	21	98		20	49	200		4	20
7	5	35	49	43		40	43	100		8	20	205		8	41
8	5	—	Cualq.	44		30	33	104		15	39	210		4	21
9	4	12	27	45		24	27	105		8	21	215		8	43
10	4	—	Cualq.	46		20	23	108		10	27	216		5	27
11	3	21	33	47		40	47	110		12	33	220		6	33
12	3	13	39	48		15	18	115		8	23	230		4	23
13	3	3	39	49		40	49	116		10	29	232		5	29
14	2	42	49	50		16	20	120		13	39	235		8	47
15	2	26	39	52		30	39	124		10	31	240		3	18
16	2	10	20	54		20	27	128		5	16	245		8	49
17	2	6	17	55		24	33	130		12	39	248		5	31
18	2	6	27	56		35	49	132		10	33	260		6	39
19	2	2	19	58		20	29	135		8	27	264		5	33
20	2	—	Cualq.	60		26	39	136		5	17	270		4	27
21	1	19	21	62		20	31	140		14	49	280		3	21
22	1	27	33	64		10	16	144		5	18	290		4	29
23	1	17	23	65		24	39	145		8	29	296		5	37
24	1	26	39	66		20	33	148		10	37	300		2	15
25	1	12	20	68		10	17	150		4	15	310		4	31
26	1	21	39	70		28	49	152		5	19	320		2	16
27	1	13	27	72		15	27	155		8	31	330		4	33
28	1	21	49	74		20	37	156		10	39	340		2	17
29	1	11	29	75		8	15	160		5	20	344		5	43
30	1	13	39	76		10	19	164		10	41	360		2	18
31	1	9	31	78		20	39	165		8	33	370		4	37
32	1	5	20	80		10	20	168		5	21	376		5	47
33	1	7	33	82		20	41	170		4	17	380		2	19
34	1	3	17	84		10	21	172		10	43	390		4	39
35	1	7	49	85		8	17	180		4	18	392		5	49
36	1	3	27	86		20	43	184		5	23	400		2	20
37	1	3	37	88		15	33	185		8	37				

Aparatos divisores	**DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA)** **RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1**	TABLA 5 . 10

PLATILLOS

Serie 2.ª



APLICACIÓN

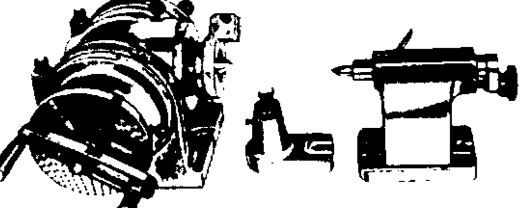
Divisores:
Semi-universales
Universales

N.º de divis.	Manivela			N.º de divis.	Manivela			N.º de divis.	Manivela			N.º de divis.			
N	N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. circunfer. a_c	N	N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. a_c	N	N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. a_c	N	N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. a_c
2	20	—	Cualq.	44	0	60	66	104	0	15	39	205	0	8	41
3	13	8	24	45		48	54	105		16	42	210		8	42
4	10	—	Cualq.	46		40	46	106		20	53	212		10	53
5	8	—	Cualq.	47		40	47	108		20	54	215		8	43
6	6	16	24	48		20	24	110		24	66	216		10	54
7	5	20	28	49		40	49	112		10	28	220		12	66
8	5	—	Cualq.	50		20	25	114		20	57	224		5	28
9	4	24	54	51		40	51	115		16	46	228		10	57
10	4	—	Cualq.	52		30	39	116		20	58	230		8	46
11	3	42	66	53		40	53	118		20	59	232		10	58
12	3	8	24	54		40	54	120		22	66	235		8	47
13	3	3	39	55		48	66	124		20	62	236		10	59
14	2	42	49	56		20	28	125		8	25	240		11	66
15	2	16	24	57		40	57	130		12	39	245		8	49
16	2	12	24	58		40	58	132		20	66	248		10	62
17	2	12	34	59		40	59	135		16	54	250		4	25
18	2	12	54	60		28	42	136		10	34	255		8	51
19	2	4	38	62		40	62	140		8	28	260		6	39
20	2	—	Cualq.	64		15	24	144		15	54	264		10	66
21	1	38	42	65		24	39	145		16	58	270		8	54
22	1	54	66	66		40	66	148		10	37	272		5	34
23	1	34	46	68		20	34	150		8	30	280		4	28
24	1	16	24	70		16	28	152		10	38	290		8	58
25	1	15	25	72		30	54	155		16	62	296		5	37
26	1	21	39	74		20	37	156		10	39	300		4	30
27	1	26	54	75		16	30	160		7	28	304		5	38
28	1	18	42	76		20	38	164		10	41	310		8	62
29	1	22	58	78		20	39	165		16	66	312		5	39
30	1	8	24	80		17	34	168		10	42	320		3	24
31	1	18	62	82		20	41	170		8	34	328		5	41
32	1	7	28	84		20	42	172		10	43	330		8	66
33	1	14	66	85		16	34	176		15	66	336		5	42
34	1	6	34	86		20	43	180		12	54	340		4	34
35	1	4	28	88		30	66	184		10	46	344		5	43
36	1	6	54	90		24	54	185		8	37	360		6	54
37	1	3	37	92		20	46	188		10	47	368		5	46
38	1	2	38	94		20	47	190		8	38	370		4	37
39	1	1	39	95		16	38	192		5	24	376		5	47
40	1	—	Cualq.	96		10	24	195		8	39	380		4	38
41	0	40	41	98		20	49	196		10	49	390		4	39
42	0	40	42	100		10	25	200		6	30	392		5	49
43	0	40	43	102		20	51	204		10	51	400		3	30

Aparatos divisores	**DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA)** **RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1**	TABLA 6, . 10

PLATILLOS

Serie 3.ª



APLICACIÓN

Divisores:
Semi-universales
Universales

N.° de divis. N	Cara del platillo c	Manivela N.° de vueltas n	Manivela Pasos de aguj. p_a	Manivela Ag. cir. platillo a_c	N.° de divis. N	Cara del platillo c	Manivela N.° de vueltas n	Manivela Pasos de aguj. p_a	Manivela Ag. c. platillo a_c	N.° de divis. N	Cara del platillo c	Manivela N.° de vueltas n	Manivela Pasos de aguj. p_a	Manivela Ag. c. platillo a_c
2	Cualq.	20	—	—	14	E	2	36	42	24	E	1	28	42
3	A	13	10	30	14	D	2	66	77	24	C	1	62	93
3	B	13	12	36	14	A	2	78	91	24	F	1	106	159
3	E	13	14	42	15	A	2	20	30	25	A	1	18	30
3	C	13	31	93	15	B	2	24	36	25	E	1	105	175
3	F	13	53	159	15	E	2	28	42	26	F	1	14	26
4	Cualq.	10	—	—	15	C	2	62	93	26	A	1	49	91
5	Cualq.	8	—	—	15	F	2	106	159	26	B	1	91	169
6	A	6	20	30	16	E	2	13	26	27	B	1	39	81
6	B	6	24	36	16	F	2	14	28	27	A	1	91	189
6	E	6	28	42	16	A	2	15	30	28	F	1	12	28
6	C	6	62	93	16	D	2	16	32	28	E	1	18	42
6	F	6	106	159	16	C	2	17	34	28	D	1	33	77
7	F	5	20	28	16	B	2	18	36	28	A	1	39	91
7	E	5	30	42	17	C	2	12	34	29	E	1	33	87
7	D	5	55	77	17	E	2	42	119	30	A	1	10	30
7	A	5	65	91	17	C	2	54	153	30	B	1	12	36
8	Cualq.	5	—	—	17	F	2	66	187	30	E	1	14	42
9	B	4	16	36	18	B	2	8	36	30	C	1	31	93
9	A	4	44	39	18	A	2	22	99	30	F	1	53	159
9	C	4	68	153	18	C	2	34	153	31	C	1	27	93
10	Cualq.	4	—	—	19	F	2	4	38	32	F	1	7	28
11	D	3	28	44	19	E	2	14	133	32	D	1	8	32
11	A	3	63	99	19	A	2	18	171	32	B	1	9	36
11	F	3	91	143	20	Cualq.	2	—	—	32	A	1	12	48
12	A	3	10	30	21	E	1	38	42	33	A	1	21	99
12	B	3	12	36	21	A	1	133	147	34	C	1	6	34
12	E	3	14	42	22	D	1	36	44	34	E	1	21	119
12	C	3	31	93	22	A	1	81	99	34	F	1	33	187
12	F	3	53	159	22	F	1	117	143	35	F	1	4	28
13	E	3	2	26	23	C	1	34	46	35	D	1	11	77
13	A	3	7	91	23	A	1	51	69	35	A	1	13	91
13	F	11	11	143	23	E	1	119	161	35	E	1	17	119
13	B	12	13	169	24	A	1	20	30	35	B	1	4	36
14	F	2	24	28	24	B	1	24	36	36	A	1	11	99

NOTA.—Varios números de divisiones se resuelven utilizando, indistintamente, varios platillos.

Aparatos divisores	DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA) RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1	TABLA 6_2 . 10

N.º de divis N	Cara del platillo c	Manivela			N.º de divis. N	Cara del platillo c	Manivela			N.º de divis. N	Cara del platillo c	Manivela		
		N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. cir. platillo a_c			N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. platillo a_c			N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. platillo a_c
36	C	1	17	153	60	B	0	24	36	83	F	0	40	83
37	B	1	9	111	60	E		28	42	84	E		20	42
38	F	1	2	38	60	F		106	159	84	A		70	147
38	E	1	7	133	61	B		120	183	85	C		16	34
38	A	1	9	171	62	C		60	93	85	E		56	119
39	A	1	3	117	63	A		120	189	85	F		88	187
40	Cualq.	1	—	—	64	D		20	32	86	A		60	129
41	C	0	120	123	64	A		30	48	87	E		40	87
42	E		40	42	65	E		16	26	88	D		20	44
42	A		140	147	65	A		56	91	88	A		45	99
43	A		120	129	65	F		88	143	88	F		65	143
44	D		40	44	65	B		104	169	89	D		40	89
44	A		90	99	66	A		60	99	90	B		16	36
44	F		130	143	67	B		40	67	90	A		44	99
45	B		32	36	68	C		20	34	90	C		68	153
45	A		88	99	68	E		70	119	91	A		40	91
45	C		136	153	68	F		110	187	92	C		20	46
46	C		40	46	69	A		40	69	92	A		30	69
46	A		60	69	70	F		16	28	92	E		70	161
46	E		140	161	70	D		24	42	93	C		40	93
47	B		120	141	70	A		52	91	94	B		60	141
48	A		25	30	70	E		68	119	95	F		16	38
48	B		30	36	71	F		40	71	95	E		56	133
49	A		120	147	72	B		20	36	95	A		72	171
50	A		24	30	72	A		65	117	96	B		15	36
50	E		140	175	72	C		85	153	96	A		20	48
51	C		120	153	73	E		40	73	97	B		40	97
52	E		20	26	74	B		60	111	98	A		60	147
52	A		70	91	75	A		16	30	99	A		40	99
52	F		110	143	76	F		20	38	100	A		12	30
52	B		130	169	76	E		70	133	100	E		70	175
53	F		120	159	76	A		90	171	101	F		40	101
54	B		60	81	77	D		40	77	102	C		60	153
54	A		140	189	78	A		60	117	103	E		40	103
55	D		32	44	79	C		40	79	104	E		10	26
55	F		104	143	80	E		13	26	104	A		35	91
56	F		20	28	80	F		14	28	104	F		55	143
56	E		30	42	80	A		15	30	104	B		65	169
56	D		55	77	80	D		16	32	105	E		16	42
56	A		65	91	80	C		17	34	105	A		56	147
57	A		120	171	80	B		18	36	106	F		60	159
58	E		60	87	80	E		21	42	107	D		40	107
59	A		120	177	81	B		40	81	108	B		30	81
60	A		20	30	82	C		60	123	108	A		70	189

Aparatos divisores	DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA) RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1	TABLA 6_3 . 10

N.° de divis. N	Cara del platillo c	Manivela			N.° de divis. N	Cara del platillo c	Manivela			N.° de divis. N	Cara del platillo c	Manivela		
		N.° de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. cir. platillo a_c			N.° de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. platillo a_c			N.° de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. platillo a_c
109	C	0	40	109	138	A	0	20	69	171	A	0	40	171
110	D		16	44	139	C		40	139	172	A		30	129
110	A		36	99	140	F		8	28	173	F		40	173
110	F		52	143	140	E		12	42	174	E		20	87
111	B		40	111	140	D		22	77	175	E		40	175
112	F		10	28	140	A		26	91	176	D		10	44
112	E		15	42	141	B		40	141	177	A		40	177
113	F		40	113	142	F		20	71	178	D		20	80
114	A		60	171	143	F		40	143	179	D		40	179
115	C		16	46	144	B		10	36	180	B		8	36
115	A		24	69	145	E		24	87	180	A		22	99
115	E		56	161	146	E		20	73	180	C		34	153
116	E		30	87	147	A		40	147	181	C		40	181
117	A		40	117	148	B		30	111	182	A		20	91
118	A		60	177	149	E		40	149	183	B		40	183
119	E		40	119	150	A		8	30	184	C		10	46
120	A		10	30	151	D		40	151	184	A		15	69
120	B		12	36	152	F		10	38	184	E		35	161
120	E		14	42	152	E		35	133	185	B		24	111
120	C		31	93	152	A		45	171	186	C		20	93
120	F		53	159	153	C		40	153	187	F		40	187
121	D		40	121	154	D		20	77	188	B		30	141
122	B		60	183	155	C		24	93	189	A		40	189
123	C		40	123	156	A		30	117	190	F		8	38
124	C		30	93	157	B		40	157	190	E		28	133
125	E		56	175	158	C		20	79	190	A		36	171
126	A		60	189	159	F		40	159	191	E		40	191
127	B		40	127	160	F		7	28	192	A		10	48
128	D		10	32	160	D		8	32	193	D		40	193
128	A		15	48	160	B		9	36	194	B		20	97
129	A		40	129	160	A		12	48	195	A		24	117
130	E		8	26	161	E		40	161	196	A		30	147
130	A		28	91	162	B		20	81	197	C		40	197
130	F		44	143	163	D		40	163	198	A		20	99
130	B		52	169	164	C		30	123	199	B		40	199
131	F		40	131	165	A		24	99	200	A		6	30
132	A		30	99	166	F		20	83	200	E		35	175
133	E		40	133	167	C		40	167	202	F		20	101
134	B		20	67	168	E		10	42	204	C		30	153
135	B		24	81	168	A		35	147	205	C		24	123
135	A		56	189	169	B		40	169	206	E		20	103
136	C		10	34	170	C		8	34	208	E		5	26
136	E		35	119	170	E		28	119	210	E		8	42
137	D		40	137	170	F		44	187	210	A		28	147

Aparatos divisores	DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA) RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1	TABLA 6. . 10

N.° de divis. N	Cara del platillo c	Manivela N.° de vueltas n	Manivela Pasos de aguj. p_a	Manivela Ag. cir. platillo a_c	N.° de divis. N	Cara del platillo c	Manivela N.° de vueltas n	Manivela Pasos de aguj. p_a	Manivela Ag. c. platillo a_c	N.° de divis. N	Cara del platillo c	Manivela N.° de vueltas n	Manivela Pasos de aguj. p_a	Manivela Ag. c. platillo a_c
212	F	0	30	159	268	B	0	10	67	336	E	0	5	42
214	D		20	107	270	B		12	81	338	B		20	169
215	A		24	129	270	A		28	189	340	C		4	34
216	B		15	81	272	C		5	34	340	E		14	119
216	A		35	189	274	D		20	137	340	F		22	187
218	C		20	109	276	A		10	69	342	A		20	171
220	D		8	44	278	C		20	139	344	A		15	129
220	A		18	99	280	F		4	28	345	A		8	69
220	F		26	143	280	E		6	42	346	F		20	173
222	B		20	111	280	D		11	77	348	E		10	87
224	F		5	28	280	A		13	91	350	E		20	175
226	F		20	113	282	B		20	141	352	D		5	44
228	A		30	171	284	F		10	71	354	A		20	177
230	C		8	46	285	A		24	171	355	F		8	71
230	A		12	69	286	F		20	143	356	D		10	89
230	E		28	161	288	B		5	36	358	D		20	179
232	E		15	87	290	E		12	87	360	B		4	36
234	A		20	117	292	E		10	73	360	A		11	99
235	B		24	141	294	A		20	147	360	C		17	153
236	A		30	177	295	A		24	177	362	C		20	181
238	E		20	119	296	B		15	111	364	A		10	91
240	A		5	30	298	E		20	149	365	E		8	73
240	B		6	36	300	A		4	30	368	B		20	183
240	E		7	42	302	D		20	151	368	C		5	46
240	A		8	48	304	F		5	38	370	B		12	111
242	D		20	121	305	B		24	183	372	C		10	93
244	B		30	183	306	C		20	153	374	F		20	187
245	A		24	147	308	D		10	77	376	B		15	141
246	C		20	123	310	C		12	93	378	A		20	189
248	C		15	93	312	A		15	117	380	F		4	38
250	E		28	175	314	B		20	157	380	E		14	133
252	A		30	189	315	A		24	189	380	A		18	171
254	B		20	127	316	C		10	79	382	E		20	191
255	C		24	153	318	F		20	159	384	A		5	48
256	D		5	32	320	D		4	32	385	D		8	77
258	A		20	129	320	A		6	48	386	D		20	193
260	E		4	26	322	E		20	161	388	B		10	97
260	A		14	91	324	B		10	81	390	A		12	117
260	F		22	143	326	D		20	163	392	A		15	147
260	B		26	169	328	C		15	123	394	C		20	197
262	F		20	131	330	A		12	99	395	C		8	79
264	A		15	99	332	F		10	83	396	A		10	99
265	F		24	159	334	C		20	167	398	B		20	199
266	E		20	133	335	B		8	67	400	A		3	30

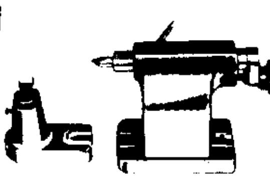
Aparatos divisores

DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA) RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1

TABLA 7 . 10

PLATILLOS

Agujeros:
A. 17, 21, 25, 31, 37, 43
B. 19, 23, 27, 33, 39, 45
C. 20, 24, 29, 35, 41, 47



APLICACIÓN

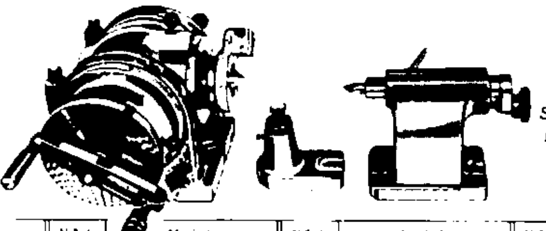
Divisores:
Semi-universales
Universales

N.° de divis.	Manivela			N.° de divis.	Manivela			N.° de divis.	Manivela			N.° de divis.	Manivela		
N	N.° de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. circunfer. a_c	N	N.° de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. a_c	N	N.° de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. a_c	N	N.° de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c a_c
1	40		Cualq.	39	1	1	39	95	0	8	19	205	0	8	41
2	20	—	Cualq.	40	1	—	Cualq.	96		10	24	210		4	21
3	13	15	45	41	0	40	41	100		8	20	215		8	43
4	10	—	Cualq.	42		20	21	104		15	39	216		5	27
5	8		Cualq.	43		40	43	105		8	21	220		6	33
6	6	30	45	44		30	33	108		10	27	225		8	45
7	5	25	35	45		40	45	110		12	33	230		4	23
8	5	—	Cualq.	46		20	23	115		8	23	232		5	29
9	4	12	27	47		40	47	116		10	29	235		8	47
10	4	—	Cualq.	48		20	24	120		15	45	240		4	24
11	3	21	33					124		10	31	248		5	31
12	3	15	45	50		16	20	125		8	25	250		4	25
13	3	3	39	52		30	39	130		12	39	260		6	39
14	2	18	21	54		20	27	132		10	33	264		5	33
15	2	30	45	55		24	33	135		8	27	270		4	27
16	2	12	24	56		25	35	136		5	17	280		5	35
17	2	6	17	58		20	29	140		10	35	290		4	29
18	2	6	27	60		30	45	145		8	29	296		5	37
19	2	2	19	62		20	31	148		10	37	300		6	45
20	2	—	Cualq.	64		15	24	150		12	45	310		4	31
21	1	19	21	65		24	39	152		5	19	312		5	39
22	1	27	23	66		20	33	155		8	31	320		3	24
23	1	17	23	68		10	17	156		10	39	328		5	41
24	1	30	45	70		20	35	160		6	24	330		4	33
25	1	15	25	72		25	45	164		10	41	340		2	17
26	1	21	39	74		20	37	165		8	33	344		5	43
27	1	13	27	75		24	45	168		5	21	350		4	35
28	1	9	21	76		10	19	170		4	17	360		5	45
29	1	11	29	78		20	39	172		10	43	370		4	37
30	1	15	45	80		12	24	175		8	35	376		5	47
31	1	9	31	82		20	41	180		10	45	380		2	19
32	1	6	24	84		10	21	184		5	23	390		4	39
33	1	7	33	85		8	17	185		8	37	400		2	20
34	1	3	17	86		20	43	188		10	47	410		4	41
35	1	5	35	88		15	33	190		4	19	420		2	21
36	1	5	45	90		20	45	192		5	24				
37	1	3	37	92		10	23	195		8	39				
38	1	1	19	94		20	47	200		5	25				

Aparatos divisores	**DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA)** **RELACIÓN DE DIVISIÓN 60/1**	TABLA 8 . 10

PLATILLOS

Serie 1.ª



APLICACIÓN

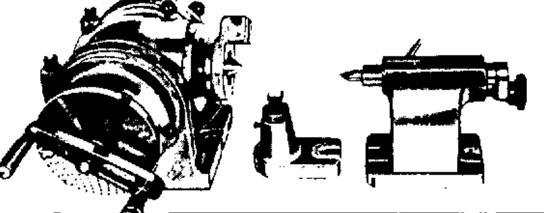
Divisores:
Semi-universales
Platos divisores

N.º de divis. N	Manivela N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. circunfer. a_c	N.º de divis. N	Manivela N.º de vueltas n	Pasos de aguj p_a	Ag. c. a_c	N.º de divis. N	Manivela N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. a_c	N.º de divis. N	N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. a_c
2	30	—	Cualq.	42	1	9	21	96	0	10	16	188	0	15	47
3	20	-	Cualq.	43	1	17	43	98		30	49	190		6	19
4	15	-	Cualq.	44	1	12	33	100		12	20	192		5	16
5	12	—	Cualq.	45	1	11	33	102		10	17	195		12	39
6	10	—	Cualq.	46	1	7	23	105		12	21	196		15	49
7	8	12	21	47	1	13	47	108		15	27	198		10	33
8	7	10	20	48	1	15	20	110		18	33	200		6	20
9	6	18	27	49	1	11	49	111		20	37	204		5	17
10	6	—	Cualq.	50	1	4	20	114		10	19	205		12	41
11	5	15	33	51	1	3	17	115		12	23	210		6	21
12	5	—	Cualq.	52	1	6	39	116		15	29	215		12	43
13	4	24	39	54	1	3	27	117		20	39	216		5	18
14	4	6	21	55	1	3	33	120		10	20	220		9	33
15	4	—	Cualq.	57	1	1	19	123		20	41	222		10	37
16	3	15	20	58	1	1	29	124		15	31	225		4	15
17	3	9	17	60	1	—	Cualq.	126		10	21	228		5	19
18	3	13	39	62	0	30	31	129		20	43	230		6	23
19	3	3	19	63		20	21	130		18	39	234		10	39
20	3	—	Cualq.	64		15	16	132		15	33	235		12	47
21	2	18	21	65		36	39	135		12	27	240		5	20
22	2	24	33	66		30	33	138		10	23	245		12	49
23	2	14	33	68		15	17	140		21	49	246		10	41
24	2	10	20	69		20	23	141		20	47	252		5	21
25	2	8	20	70		18	21	144		21	49	255		4	17
26	2	12	39	72		15	18	145		12	29	258		10	43
27	2	6	27	74		30	37	147		20	49	260		9	39
28	2	3	21	75		16	20	148		15	37	264		10	44
29	2	2	29	76		15	19	150		8	20	270		6	27
30	2	—	Cualq.	78		30	39	155		12	31	276		5	23
31	1	29	31	80		15	20	156		10	26	290		6	29
32	1	14	16	81		20	27	160		6	16	300		4	20
33	1	27	33	82		30	41	162		10	27	310		6	31
34	1	13	17	84		15	21	164		15	41	320		3	16
35	1	15	21	85		12	17	165		12	33	330		6	33
36	1	26	39	86		30	43	170		6	17	340		3	17
37	1	23	37	87		20	29	172		15	43	345		4	23
38	1	11	19	90		26	39	174		10	29	360		3	18
39	1	21	39	92		15	23	180		6	18	370		6	37
40	1	10	20	94		30	47	185		12	37	372		5	31
41	1	19	41	95		12	19	186		10	31	380		3	19

Aparatos divisores	DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA) RELACIÓN DE DIVISIÓN 80/1	TABLA 9 . 10

PLATILLOS

Serie 1.ª



APLICACIÓN

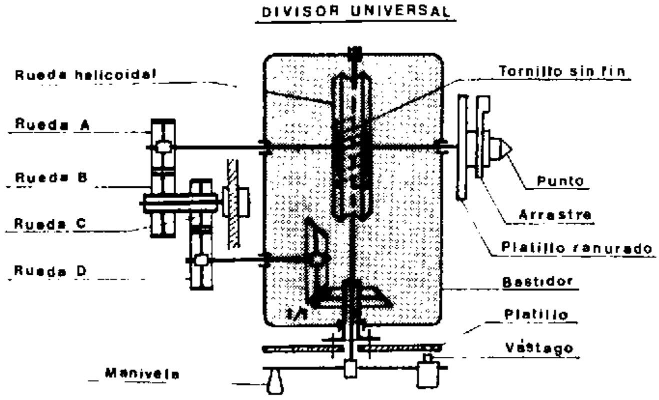
Divisores: Semi-universales

N.º de divis.	Manivela			N.º de divis.	Manivela			N.º de divis.	Manivela			N.º de divis.	Manivela		
	N.º de vueltas	Pasos de aguj.	Ag. circunfer.		N.º de vueltas	Pasos de aguj.	Ag. c.		N.º de vueltas	Pasos de aguj.	Ag. c.		N.º de vueltas	Pasos de aguj.	Ag. c.
N	n	p_a	a_c	N	n	p_a	a_c	N	n	p_a	a_c	N	n	p_a	a_c
2	40	—	Cualq.	38	2	2	19	90	0	24	27	184	0	10	23
3	26	26	39	39	2	2	39	92		20	23	185		16	37
4	20		Cualq.	40	2	—	Cualq.	94		40	47	188		20	47
5	16	—	Cualq.	41	1	39	41	95		16	19	190		8	19
6	13	13	39	42	1	19	21	96		15	18	195		16	39
7	11	21	49	43	1	37	43	98		40	49	196		20	49
8	10	—	Cualq.	44	1	27	33	100		16	20	200		8	20
9	8	24	27	45	1	21	27	104		30	39	205		16	41
10	8		Cualq.	46	1	17	23	105		16	21	208		15	39
11	7	9	33	47	1	33	47	108		20	27	210		8	21
12	6	26	39	48	1	12	18	110		24	33	215		16	43
13	6	6	39	49	1	31	49	112		15	21	216		10	27
14	5	35	49	50	1	12	20	116		20	29	220		12	33
15	5	13	39	52	1	21	39	120		26	39	225		16	45
16	5	—	Cualq.	54	1	13	27	124		20	31	230		8	23
17	4	12	17	55	1	15	33	128		10	16	232		10	29
18	4	12	27	56	1	21	49	130		24	39	235		16	47
19	4	4	19	58	1	11	29	132		20	33	240		6	18
20	4	—	Cualq.	60	1	13	39	135		16	27	245		16	49
21	3	17	21	62	1	9	31	136		10	17	248		10	31
22	3	21	33	64	1	4	16	140		28	49	256		5	16
23	3	11	23	65	1	9	39	144		10	18	260		12	39
24	3	13	39	66	1	7	33	145		16	29	264		10	33
25	3	4	20	68	1	3	17	148		20	37	270		8	27
26	3	3	39	70	1	7	49	150		8	15	272		5	17
27	2	26	27	72	1	3	27	152		10	19	280		6	21
28	2	42	49	74	1	3	37	155		16	31	288		5	18
29	2	22	29	75	1	1	15	156		20	39	290		8	29
30	2	26	39	76	1	1	19	160		10	20	296		10	87
31	2	18	31	78	1	1	39	164		20	41	300		4	15
32	2	10	20	80	1	—	Cualq.	165		16	33	304		5	19
33	2	14	33	82	0	40	41	168		10	21	310		8	31
34	2	6	17	84		20	21	170		8	17	312		10	39
35	2	14	49	85		16	17	172		20	43	320		4	16
36	2	6	27	86		40	43	176		15	33	328		10	41
37	2	6	37	88		30	33	180		8	18	330		8	33

Composición

El divisor universal es un tanto similar al semi-universal; puede realizar la división directa, la simple (indirecta) y la diferencial. Se le compone del bastidor con el tornillo sin fin que acciona a la rueda helicoidal montada sobre el árbol principal que a su vez lleva el platillo para la división directa, el punto para apoyo de la pieza que se trabaja y el dispositivo de arrastre giratorio; el árbol del sin fin cuenta con la manivela que dispone del vástago retráctil; la relación de división sin fin-rueda helicoidal es $i = 40/1$. El platillo divisor se monta sobre un manguito que puede girar loco sobre el árbol del sin fin, siendo fácilmente cambiable un platillo por otro; sobre el manguito loco también está montada una rueda cónica que engrana a 90° con otra rueda igual (relación 1/1), que puede ser movida por un tren de engranajes dispuesto entre esta rueda y el árbol de la helicoidal, consiguiendo con este montaje que la rotación de la manivela del sin fin vaya acompañada del giro del platillo divisor (en el mismo sentido o en el contrario de la manivela), que girará una fracción del paso entre dos agujeros, necesaria para corregir el error que se introduce en los cálculos que se han de efectuar.

DIVISOR UNIVERSAL



Aplicaciones

Desconectado o no montado el tren de engranajes, el divisor universal puede funcionar como un divisor semi-universal, siendo de aplicación los ejemplos expuestos para el funcionamiento de aquel.

Para la división diferencial se determinará un número N′ de divisiones próximo al N y que pueda obtenerse por la división simple.

Relación de engrane, $r = \frac{i \cdot (N' - N)}{N'} = \frac{\text{número de dientes de las ruedas conductoras}}{\text{número de dientes de las ruedas conducidas}} = \frac{A \cdot C}{D \cdot B}$

Si el número de divisiones N′ es por defecto, en la fórmula se substituirá $(N' - N)$ por $(N - N')$.

El sentido de giro de la manivela y del platillo divisor será el mismo cuando $N' > N$ y en sentido contrario para $N < N$, intercalando, si fuese preciso, ruedas intermedias en el tren de engranajes.

Ejemplo. – Efectuar 53 divisiones iguales en la superficie total de una pieza cilíndrica.

$n = \frac{40}{53}$; como 40 y 53 son números primos entre sí, se efectuará división diferenciada. Previo tanteo se toma $N' = 56$

$n = \frac{40}{56} = \frac{5}{7} = \frac{3 \times 5}{3 \times 7} = \frac{15}{21}$; o bien $\frac{7 \times 5}{7 \times 7} = \frac{35}{49}$; para cada división de la pieza se tomará 15 pasos del platillo de 21 ó 35 pasos del de 49 divisiones circunferenciales.

Para corregir el error introducido se montará un tren de engranajes, formado:

$$r = \frac{40 \times (56 - 53)}{56} = \frac{120}{56} = \frac{3 \times 40}{56} = \frac{72 \times 40}{24 \times 56} = \frac{A \cdot C}{D \cdot B}$$

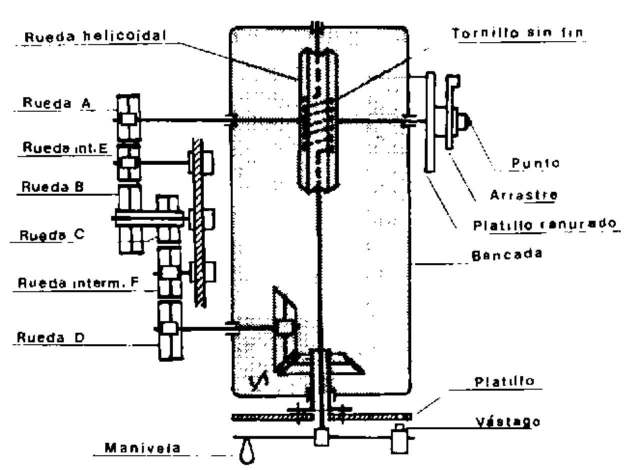
Como $N' > N$, la manivela y el platillo divisor girarán en el mismo sentido, no siendo preciso el disponer rueda intermedia en el tren de engranajes.

DIVISORES UNIVERSALES Y DE PLATO

Divisores universales con ruedas auxiliares

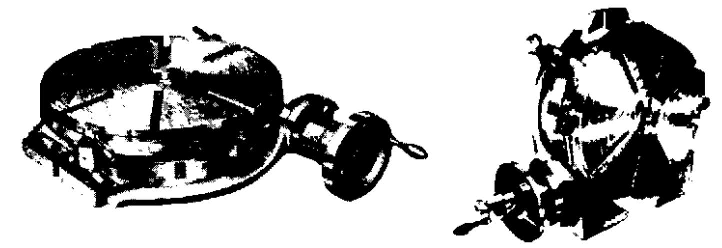
En determinados casos, en los divisores universales se disponen ruedas intermedias (E,F) entre las principales (A,B,C,D) del tren de engranajes, pudiendo aplicarse las dos o una de las ruedas intermedias entre las cuatro o dos de las principales. La acción de las ruedas intermedias, a efectos de relación entre las principales, es nula.

DIVISOR UNIVERSAL CON RUEDAS INTERMEDIAS



Divisores de plato

Los divisores de plato se componen de un bastidor en cuyo eje se monta la rueda helicoidal accionada por el tornillo sin fin, de modo semejante a los divisores semi-universales. Sobre el bastidor se dispone en plato o disco con guías ranuradas para fijación de la pieza, y un agujero central para colocar el eje de centrado de las piezas cilíndricas (ruedas, etc.); este disco tiene practicadas 36 ranuras periféricas para efectuar divisiones directas de 2, 3, 4, 6, 9, 12, 18 y 36 partes iguales, y también lleva una división circular de 360°, que con un nonio, permite realizar divisiones angulares en grados y minutos. Un tipo de estos divisores de plato está dotado de un dispositivo similar al de los divisores universales, que permite efectuar, además de la división directa, la diferencial. Se fabrican platos divisores con relación de división de 60/1, 90/1, 120/1 y 180/1.



Tablas auxiliares

En las Tablas que siguen, de aplicación unas para la división indirecta y otras para la indirecta y diferencial, se expresa el número N de divisiones, y el número n de vueltas que ha de dar la manivela así como la parte de vuelta especificada por el número p_a de pasos o agujeros que tiene que avanzar el vástago de la manivela sobre la división circunferencial a_c del platillo, para que el aparato realice una división determinada.

Aparatos divisores

DIVISIÓN DIFERENCIAL
RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1

TABLA 10, . 10

PLATILLOS
Serie 1.ª

RUEDAS DENTADAS
Serie 1.ª



APLICACIÓN

Divisores:
Universales

Número de divisiones N	*Manivela* — *Número de vueltas* n	*Pasos de agujeros* p_a	*Ag. circunf. del platillo* a_c
2	20	—	Cualquiera
3	13	13	39
4	10	—	Cualquiera
5	8	—	Cualquiera
6	6	26	39
7	5	35	49
8	5	—	Cualquiera
9	4	12	27
10	4	—	Cualquiera
11	3	21	33
12	3	13	39
13	3	3	39
14	2	42	49
15	2	26	39
16	2	10	20
17	2	6	17
18	2	6	27
19	2	2	19
20	2	—	Cualquiera
21	1	19	21
22	1	27	33
23	1	17	23
24	1	26	39
25	1	12	20
26	1	21	39
27	1	13	27
28	1	21	49
29	1	11	29
30	1	13	39
31	1	9	31
32	1	5	20
33	1	7	33
34	1	3	17
35	1	7	49
36	1	3	27
37	1	3	37
38	1	1	19
39	1	1	37
40	1	—	Cualquiera
41	0	40	41
42		20	21
43		40	43
44		30	33
45		24	27
46		20	23
47		40	47
48		15	18
49		40	49
50		16	20

Rueda helicoidal
Tornillo sin fin
Rueda A
Rueda E
Rueda B
Rueda C
Rueda F
Rueda D

Aparatos divisores	DIVISIÓN DIFERENCIAL RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1	TABLA 10_2 . 10

N.° de divis. N	Manivela: Pasos de aguj. p_a	Manivela: Ag. cir. platillo a_c	Tren de engranajes, Relación: R. helic. A	B	C	D	Intermedios: E	F
51	14	17	48	—	—	24	24	44
52	30	39						
53	35	49	72	24	40	56		—
54	20	27						
55	24	33						
56	35	49						
57	15	21	40	—	—	56	24	44
58	20	29						
59	26	39	32	—	—	48	44	—
60	26	39						
61	26	39	32	—	—	48	24	44
62	20	31						
63	26	39	48	—	—	24	24	44
64	10	16						
65	24	39						
66	20	33						
67	12	21	48	—	—	28	44	—
68	10	17						
69	12	20	56	—	—	40	24	44
70	28	49						
71	10	18	40	—	—	72	24	—
72	15	27						
73	12	21	48	—	—	28	24	44
74	20	37						
75	8	15						
76	10	19						
77	10	20	48	—	—	32	44	—
78	20	39						
79	10	20	24	—	—	48	44	
80	10	20						
81	10	20	24	—	—	48	24	44
82	20	41						
83	10	20	48	—	—	32	24	44
84	10	21						
85	8	17						
86	20	43						
87	7	15	24	—	—	40	24	44
88	15	33						
89	8	18	32	—	—	72	44	—
90	12	27						

N.° de divis. aguj. N	Manivela: Pasos de platillo p_a	Manivela: Ag. c. platillo a_c	Tren de engranajes, Relación: R. hel. A	B	C	D	Intermedios: E	F
91	18	39	48	—	—	24	24	44
92	10	23						
93	8	18	32	—	—	24	24	44
94	20	47						
95	8	19						
96	9	21	32	—	—	28	24	44
97	8	20	48			40	44	
98	20	49						
99	8	20	32	40	28	56	—	—
100	8	20						
101	8	20	48	40	24	72	—	24
102	8	20	32	—	—	40	24	44
103	8	20	48			40	24	44
104	15	39						
105	8	21						
106	16	43	48	24	24	86	—	—
107	8	20	64	32	56	40	—	24
108	10	27						
109	6	16	28	—	—	32	24	44
110	12	33						
111	13	39	72	—	—	24	32	—
112	13	39	64	—	—	24	44	—
113	13	39	56	—	—	24	44	—
114	13	39	48	—	—	24	44	—
115	8	23						
116	10	29						
117	13	39	24	—	—	24	56	—
118	13	39	32	—	—	48	44	—
119	13	39	24	—	—	72	44	—
120	13	39						
121	13	39	24	—	—	72	24	44
122	13	39	32	—	—	48	24	44
123	13	39	24	—	—	24	24	44
124	10	31						
125	13	39	40	—	—	24	24	44
126	13	39	48	—	—	24	24	44
127	13	39	56	—	—	24	24	44
128	5	16						
129	13	39	72	—	—	24	24	44
130	12	39						

Aparatos divisores	DIVISIÓN DIFERENCIAL RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1	TABLA 10_1 . 10

N.° de divis. N	Manivela: Pasos de agují. p_a	Manivela: Ag. c. platillo a_c	Tren de engranajes: Relación R. helic. A	B	C	D	Intermedios E	F	N.° de divis. agují. N	Manivela: Pasos de platillo p_a	Manivela: Ag. c. platillo a_c	Tren de engranajes: Relación R. hel. A	B	C	D	Intermedios E	F
131	6	20	28	—	—	40	44	—	171	5	21	40	—	—	56	24	44
132	10	33							172	10	43						
133	6	21	48	—	—	24	44	—	173	4	18	64	32	56	72	—	—
134	6	21	48	—	—	28	44	—	174	4	18	32	—	—	24	56	—
135	8	27							175	4	18	64	32	40	72	—	—
136	5	17							176	4	18	64	24	24	72	—	—
137	6	21	24	—	—	28	56	—	177	4	18	48	—	—	72	24	—
138	6	21	32	—	—	56	44	—	178	4	18	32	—	—	72	44	—
139	6	21	24	48	32	56	—	—	179	4	18	32	48	24	72	—	—
140	14	49							180	4	18						
141	5	18	40	—	—	48	44	—	181	4	18	32	48	24	72	—	24
142	6	21	32	—	—	56	24	44	182	4	18	32	—	—	72	24	44
143	6	21	24	—	—	28	24	44	183	4	18	32	—	—	48	24	44
144	5	18							184	5	23						
145	8	29							185	8	37						
146	6	21	48	—	—	28	24	44	186	4	18	64	—	—	48	24	44
147	6	21	48	—	—	24	24	44	187	4	18	56	24	48	72	—	24
148	10	37							188	10	47						
149	6	21	72	—		28	24	44	189	4	18	64	—	—	32	24	44
150	4	15							190	4	19						
151	5	20	72	—	—	32	44	—	191	4	20	72	—	—	40	24	—
152	5	19							192	4	20	64	—	—	40	44	—
153	5	20	56	—	—	32	44	—	193	4	20	56	—	—	40	44	—
154	5	20	48	—	—	32	44	—	194	4	20	48	—	—	40	44	—
155	8	31							195	8	39						
156	10	39							196	10	49						
157	5	20	24	—		32	56	—	197	4	20	24	—	—	40	56	—
158	5	20	24	—	—	48	44	—	198	4	20	32	40	28	56	—	—
159	5	20	28	56	32	64	—	—	199	4	20	32	64	40	100	—	—
160	5	20							200	4	20						
161	5	20	28	56	32	64	—	24	201	4	20	24	40	24	72	—	24
162	5	20	24	—	—	48	24	44	202	4	20	48	40	24	72	—	24
163	5	20	24	—	—	32	24	44	203	4	20	24	—	—	40	24	44
164	10	41							204	4	20	32	—	—	40	24	44
165	8	33							205	8	41						
166	5	20	48	—	—	32	24	44	206	4	20	48	—	—	40	24	44
167	5	20	56	—	—	32	24	44	207	4	20	56	—	—	40	24	44
168	5	21							208	4	20	64	—	—	40	24	44
169	5	20	72	—	—	32	24	44	209	4	20	72	—	—	40	24	44
170	4	17							210	4	21						

Aparatos divisores	DIVISIÓN DIFERENCIAL RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1	TABLA 10, . 10

N.º de divis. N	Manivela: Pasos de aguj. p_a	Manivela: Ag. c. platillo a_r	Tren de engranajes, Relación: R. helic. A	B	C	D	Intermedios: E	F
211	3	16	28	—	—	64	44	—
212	3	43	48	24	24	86	—	—
213	5	27	40	—	—	72	44	—
214	4	20	64	32	56	40	—	24
215	8	43						
216	5	27						
217	4	21	64	—	—	48	24	44
218	3	16	56	—	—	64	24	44
219	4	21	48	—	—	28	24	44
220	6	33						
221	3	17	24	—	—	24	56	—
222	3	18	72	—	—	24	44	—
223	8	43	64	24	48	86	—	24
224	3	18	64	—	—	24	44	—
225	5	27	40	—	—	24	24	44
226	3	18	56	—	—	24	44	—
227	8	49	72	28	64	56	—	—
228	3	18	48	—	—	24	44	—
229	3	18	44	—	—	24	48	—
230	4	23						
231	3	18	48	—	—	32	44	—
232	5	29						
233	3	18	56	—	—	48	44	—
234	3	18	24	—	—	24	56	—
235	8	47						
236	3	18	32	—	—	48	44	—
237	3	18	24	—	—	48	44	—
238	3	18	24	—	—	72	44	—
239	3	18	32	64	24	72	—	—
240	3	18						
241	3	18	32	64	24	72	—	24
242	3	18	24	—	—	72	24	44
243	3	18	32	—	—	64	24	44
244	3	18	32	—	—	48	24	44
245	8	49						
246	3	18	24	—	—	24	24	44
247	3	18	56	—	—	48	24	44
248	5	31						
249	3	18	48	—	—	32	24	44
250	3	18	40	—	—	24	24	44

N.º de divis. aguj N	Manivela: Pasos de platillo p_a	Manivela: Ag. c. platillo a_r	Tren de engranajes, Relación: R. hel. A	B	C	D	Intermedios: E	F
251	3	18	64	32	44	48	—	24
252	3	18	48	—	—	24	24	44
253	5	33	40	—	—	24	56	—
254	3	18	56	—	—	24	24	44
255	3	18	72	24	40	48		24
256	3	18	64	—	—	24	24	44
257	8	49	64	28	48	56		24
258	7	43	64	—	—	32	24	44
259	8	21	72	—	—	24	44	—
260	6	39						
261	4	29	72	24	64	48	—	—
262	3	20	28	—	—	40	44	—
263	3	49	72	28	64	56	—	24
264	5	33						
265	3	21	72	24	40	56	—	—
266	3	21	64	—	—	32	44	—
267	4	27	32	—	—	72	44	—
268	3	21	48	—	—	28	44	—
269	3	20	28	40	32	64	—	24
270	4	27						
271	3		72	—	—	56	24	—
272	3	21	64	—	—	56	24	—
273	3	21	24	—	—	24	56	—
274	3	21	48	—	—	56	44	—
275	3	21	40	—	—	56	44	—
276	3	21	32	—	—	56	44	—
277	3	21	24	—	—	56	44	—
278	3	21	24	48	32	56	—	—
279	4	27	32	—	—	24	24	44
280	7	49						
281	3	21	24	56	24	72	—	—
282	6	43	56	24	24	86	—	—
283	3	21	24	—	—	56	24	44
284	3	21	32	—	—	56	24	44
285	3	21	40	—	—	56	24	44
286	3	21	48	—	—	56	24	44
287	3	21	24	—	—	24	24	44
288	3	21	32	—	—	28	24	44
289	3	21	72	24	24	56	—	24
290	4	29						

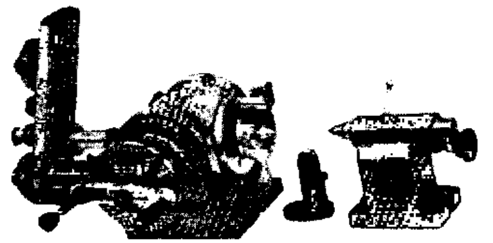
Aparatos divisores			DIVISIÓN DIFERENCIAL RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1														TABLA 10, . 10
N.° de	Manivela		Tren de engranajes						N.° de	Manivela		Tren de engranajes					
divs.	Pasos de	Ag. c.	Relación				Intermedios		divis.	Pasos de	Ag. c.	Relación				Intermedios	
N	aguj. p_a	platillo a_c	R. helic. A	B	C	D	E	F	aguj. N	platillo p_a	platillo a_c	R. hel. A	B	C	D	E	F
291	2	15	48	—	—	40	44	—	331	2	16	48	24	44	64	—	24
292	3	21	48	—	—	28	24	44	332	2	16	48	—		32	24	44
293	2	15	56	40	32	48	—	—	333	2	18	72	—	—	24	44	—
294	3	21	48	—		24	24	44	334	2	16	56	—	—	32	24	44
295	2	15	32	—		48	44	—	335	4	33	40	44	48	72	—	24
296	5	37							336	2	16	64	—	—	32	24	44
297	4	33	56	24	48	28	—	—	337		43	56	32	40	86		—
298	3	21	72	—	—	28	24	44	338	2	16	72	—	—	32	24	44
299	3	23	24	—	—	24	56	—	339	2	18	56	—	—	24	44	—
300	2	15							340	2	17						
301	6	43	48	—	—	24	24	44	341	5	43	40	32	24	86		—
302	2	16	72	—	—	32	24	—	342	2	18	64	—	—	32	44	—
303	2	15	48	40	24	72	—	24	343	2	15	86	24	64	40		24
304	2	16	48	—	—	24	44	—	344	5	43						
305	2	15	32	—	—	48	24	44	345	2	18	40	—	—	24	56	—
306	2	15	32	—	—	40	24	44	346	2	18	64	32	56	72		—
307	2	15	56	40	48	72	—	24	347	5	43	40	32	24	86	—	24
308	2	16	48	—	—	32	44		348	2	18	32	—	—	24	56	—
309	2	15	48	—	—	40	24	44	349	2	18	48	24	44	72	—	—
310	4	31							350	2	18	64	32	40	72	—	
311	2	16	72	24	24	64	—	—	351	2	18	24	—	—	24	56	—
312	5	39							352	2	18	64	24	24	72	—	—
313	2	16	28	—		32	56		353	2	18	56	24	24	72	—	—
314	2	16	24	—		32	56	—	354	2	18	48	—		72	24	—
315	2	16	40	—		64	24		355	2	18	40	—		72	24	—
316	2	16	32	—		64	44		356	2	18	32	—	—	72	24	—
317	2	16	24	—		64	44		357	2	18	24	—	—	72	44	
318	2	16	24	48	28	56	—	—	358	2	18	24	48	32	72	—	—
319	4	29	72	24	64	48	—	24	359	5	43	100	32	48	86	—	—
320	2	16							360	2	18						
321	2	16	24	64	24	72	—	24	365	2	20	56	24	48	32	—	—
322	3	23	64	—	—	32	24	44	370	4	37						
323	2	16	24	—	—	64	24	44	375	2	18	40	—	—	24	24	44
324	2	16	32	—	—	64	24	44	380	2	19						
325	2	16	40	—	—	64	24	44	385	2	20	48	—	—	32	44	—
326	2	16	24	—	—	32	24	44	390	4	39						
327	2	16	28	—	—	32	24	44	395	2	20	32	—	—	64	44	—
328	5	41							400	2	20						
329	2	16	72	24	24	64	—	24									
330	4	33															

NOTA. – A partir de la división 51, la manivela solamente da la parte de vuelta expresada por p_a.

Aparatos divisores	DIVISIÓN DIFERENCIAL RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1	TABLA 11, . 10

PLATILLOS
Serie 1.ª

RUEDAS DENTADAS
Serie 2.ª



APLICACIÓN

Divisores:
Universales

Número de divisiones	*Manivela*			*Número de divisiones*	*Manivela*		
	Número de vueltas	*Pasos de agujeros*	*Ag. circunf. del platillo*		*Número de vueltas*	*Pasos de agujeros*	*Ag. circunf. del platillo*
N	*n*	p_a	a_c	*N*	*n*	p_a	a_c
2	20	—	Cualquiera	37	1	3	37
3	13	13	39	38	1	1	19
4	10	—	Cualquiera	39	1	1	37
5	8	—	Cualquiera	40	1	—	Cualquiera
6	6	26	39	41	0	40	41
7	5	35	49	42		20	21
8	5	—	Cualquiera	43		40	43
9	4	12	27	44		30	33
10	4	—	Cualquiera	45		24	27
11	3	21	33	46		20	23
12	3	13	39	47		40	47
13	3	3	39	48		15	18
14	2	42	49	49		40	49
15	2	26	39	50		16	20
16	2	10	20				
17	2	6	17				
18	2	6	27				
19	2	2	19				
20	2	—	Cualquiera				
21	1	19	21				
22	1	27	33				
23	1	17	23				
24	1	26	39				
25	1	12	20				
26	1	21	39				
27	1	13	27				
28	1	21	49				
29	1	11	29				
30	1	13	39				
31	1	9	31				
32	1	5	20				
33	1	7	33				
34	1	3	17				
35	1	7	49				
36	1	3	27				

Rueda helicoidal
Tornillo sin fin
Rueda A
Rueda B
Rueda C
Rueda D
1/1

Aparatos divisores	DIVISIÓN DIFERENCIAL RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1	TABLA 11_2 . 10

N.º de divis.	Manivela		Tren de engranajes				N.º de divis.	Manivela		Tren de engranajes			
N	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. platillo a_c	R. helic. A	B	C	D	N	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. platillo a_c	R. helic. A	B	C	D
51	15	18	72	24	40	48	91	18	39	72	60	80	48
52	30	39	64	40	72	48	92	10	23				
53	16	20					93	12	27	48	60	80	48
54	20	27					94	20	47				
55	24	33					95	8	19				
56	35	49					96	9	21	64	56	48	48
57	15	21	40	84	72	48	97	12	27	84	36	64	48
58	20	29					98	20	49				
59	35	49	72	56	80	48	99	14	33	72	60	80	48
60	26	39					100	8	20				
61	26	39	36	90	80	48	101	20	49	60	49	48	48
62	20	31	72	60	80	48	102	7	17	72	60	80	48
63	26	39					103	8	20	48	60	72	48
64	10	16					104	15	39				
65	24	39					105	8	21				
66	20	33					106	8	20	64	40	72	48
67	10	16	72	64	80	48	107	8	20	72	30	56	48
68	10	17					108	10	27				
69	12	20	56	60	72	48	109	8	16	49	84	72	48
70	28	49					110	12	33				
71	12	20	64	40	78	48	111	14	37	72	60	80	48
72	15	27					112	6	16	72	60	80	48
73	12	21	64	56	72	48	113	6	16	72	48	76	48
74	20	37					114	7	19	72	60	80	48
75	8	15					115	8	23				
76	10	19					116	10	29				
77	12	21	80	30	72	48	117	15	39	84	28	80	48
78	20	39					118	6	16	84	28	68	48
79	8	15	64	60	96	48	119	6	17	72	60	80	48
80	10	20					120	13	39				
81	14	27	72	60	80	48	121	12	33	80	30	72	48
82	20	41					122	13	39	48	60	40	48
83	10	20	60	40	48	48	123	13	39	40	60	72	48
84	10	21					124	10	31				
85	8	17					125	13	39	60	30	40	48
86	20	43					126	13	39	72	60	80	48
87	14	29	72	60	80	48	127	13	39	84	30	40	48
88	15	33					128	5	16				
89	10	21	80	28	40	48	129	13	39	72	40	80	48
90	12	27					130	12	39				

DIVISIÓN DIFERENCIAL
RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1

N.º de divis	Manivela		Tren de engranajes				N.º de divis.	Manivela		Tren de engranajes			
	Pasos de aguj p_a	Ag. c. platillo a_c	R. helic. A	B	C	D		Pasos de aguj. p_a	Ag. c. platillo a_c	R. helic. A	B	C	D
N							N						
131	5	16	40	64	72	48	171	5	21	36	36	80	48
132	10	33					172	10	43				
133	6	19	72	60	80	48	173	5	20	72	40	78	48
134	5	16	72	64	80	48	174	7	29	72	32	60	48
135	8	27					175	5	20	72	24	80	48
136	5	17					176	5	20	72	28	64	48
137	5	16	72	48	90	48	177	5	20	84	30	68	48
138	7	23	72	60	80	48	178	5	20	90	28	72	48
139	5	17	36	68	80	48	179	5	20	84	32	76	48
140	14	49					180	4	18				
141	14	47	72	60	80	48	181	5	20	96	90	84	48
142	5	17	72	68	80	48	182	6	27	24	60	80	48
143	12	39	80	30	72	48	183	6	27	48	60	40	48
144	5	18					184	5	23				
145	8	29					185	8	37				
146	14	49	64	28	36	48	186	6	27	48	60	80	48
147	14	49	72	60	80	48	187	6	27	56	40	80	48
148	10	37					188	10	47				
149	14	49	72	49	84	48	189	6	27	64	37	60	48
150	4	15					190	4	19				
151	5	18	56	48	80	48	191	8	37	64	40	36	48
152	5	19					192	6	27	64	35	80	48
153	5	17	84	60	80	48	193	6	27	64	24	78	48
154	4	15	64	60	48	48	194	6	27	64	24	56	48
155	8	31					195	8	39				
156	10	39					196	10	49				
157	4	15	64	30	84	48	197	6	27	68	30	64	48
158	4	15	64	40	48	48	198	6	27	90	30	64	48
159	4	15	64	40	72	48	199	6	27	76	78	80	48
160	5	20					200	4	20				
161	6	25	72	30	60	48	201	8	39	64	78	72	48
162	4	15	64	40	72	48	202	8	39	64	80	84	48
163	5	20	60	40	24	48	203	4	20	32	40	72	48
164	10	41					204	4	20	32	60	48	48
165	8	33					205	8	41				
166	5	20	60	48	48	48	206	4	20	48	60	72	48
167	5	20	56	40	72	48	207	4	20	56	60	72	48
168	5	21					208	4	20	64	40	72	48
169	5	20	60	84	72	48	209	4	20	72	60	48	48
170	4	17					210	4	21				

Aparatos divisores	DIVISIÓN DIFERENCIAL RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1	TABLA 11, . 10

N.º de divis.	Manivela		Tren de engranajes				N.º de divis.	Manivela		Tren de engranajes			
	Pasos de aguj.	Ag. c. platillo	R. helic.					Pasos de aguj.	Ag. c. platillo	R. helic.			
N	p_a	a_c	A	B	C	D	N	p_a	a_c	A	B	C	D
211	4	20	66	40	96	48	251	8	49	64	60	36	48
212	4	20	64	40	72	48	252	3	18	72	49	80	48
213	4	20	64	40	78	48	253	8	49	64	60	48	48
214	4	20	84	60	64	48	254	3	18	84	48	80	48
215	8	43					255	3	18	72	40	80	48
216	5	27					256	3	18	64	49	80	48
217	4	21	48	84	80	48	257	8	49	64	60	72	48
218	3	16	49	56	72	48	258	7	43	72	32	80	48
219	4	21	64	30	72	48	259	3	18	76	24	64	48
220	6	33					260	6	39				
221	8	39	96	60	80	48	261	5	29	80	30	72	48
222	7	37	72	66	80	48	262	3	18	80	49	66	48
222	6	33	36	40	48	48	263	8	49	72	78	96	48
224	4	21	64	36	80	48	264	5	33				
225	5	27	72	36	40	48	265	6	39	40	78	72	48
226	5	27	80	66	40	48	266	6	39	48	78	72	48
227	6	33	56	66	72	48	267	6	39	56	66	72	48
228	6	33	64	28	72	48	268	5	33	48	66	40	48
229	4	21	76	60	64	48	269	5	33	40	66	60	48
230	4	23					270	4	27				
231	6	33	72	66	80	48	271	5	33	60	66	56	48
232	5	29					272	5	33	48	66	80	48
233	6	33	78	60	96	48	273	5	33	60	66	72	48
234	7	39	72	68	80	48	274	5	33	60	36	80	48
235	8	47					275	5	33	72	66	40	48
236	3	17	64	24	84	48	276	5	33	72	66	80	48
237	5	27	80	60	56	48	277	5	33	78	66	80	48
238	3	17	72	24	80	48	278	5	33	80	60	84	48
239	3	16	84	68	66	48	279	4	27	48	60	80	48
240	3	18					280	3	21				
241	3	17	86	30	96	48	281	3	20	7	60	86	48
242	6	33	80	84	72	48	282	4	27	64	84	80	48
243	3	18	28	60	72	48	283	7	49	84	84	72	48
244	3	18	48	60	40	48	284	7	49	32	48	72	48
245	8	49					285	4	27	64	84	80	48
246	3	18	40	40	72	48	286	7	49	48	60	72	48
247	3	18	80	40	28	48	287	4	49	40	84	72	48
248	5	31					288	7	49	48	56	96	48
249	3	18	48	36	60	48	289	7	49	48	36	72	48
250	3	18	72	49	40	48	290	4	29				

Aparatos divisores	# DIVISIÓN DIFERENCIAL RELACIÓN DE DIVISIÓN 40/1	TABLA 11, . 10

N.° de divis.	Manivela		Tren de engranajes				N.° de divis.	Manivela		Tren de engranajes			
	Pasos de aguj	Ag. c. platillo	R. helic.					Pasos de aguj	Ag. c. platillo	R. helic.			
N	p_a	a_c	A	B	C	D	N	p_a	a_c	A	B	C	D
291	4	27	84	49	84	48	331	5	·37	100	40	84	48
292	7	49	56	56	72	48	332	2	16	48	30	60	48
293	7	49	64	60	78	48	333	2	15	96	48	66	48
294	7	49	72	56	80	48	334	2	16	56	24	72	48
295	7	49	72	49	80	48	335	2	15	84	48	64	48
296	5	37					336	2	16	64	56	72	48
297	7	49	68	28	84	48	337	2	16	68	40	84	48
298	7	49	72	24	48	48	338	2	16	60	48	72	48
299	5	39	96	48	72	48	339	2	16	72	32	76	48
300	2	15					340	2	17				
301	6	43	64	28	72	48	341	2	16	72	36	56	48
302	3	21	56	37	64	48	342	2	16	66	30	72	48
303	5	37	56	28	30	48	343	2	15	96	32	86	48
304	7	49	72	28	64	18	344	5	43				
305	7	49	80	28	60	48	345	2	16	80	68	60	48
306	7	49	78	60	64	48	346	2	17	32	68	72	48
307	2	15	56	60	48	48	347	2	17	48	86	56	48
308	2	15	64	60	48	48	348	5	43	24	86	80	48
309	2	15	48	37	72	48	349	5	43	30	68	80	48
310	4	31					350	2	17	48	28	80	48
311	5	37	90	60	40	48	351	5	39	48	68	80	48
312	5	39					352	2	17	64	68	72	48
313	2	15	64	60	78	48	353	2	17	64	68	78	48
314	2	15	64	60	84	48	354	2	17	64	68	84	48
315	2	15	72	60	80	48	355	2	17	72	68	80	48
316	2	15	64	60	96	48	356	2	17	64	48	96	48
317	2	15	68	40	96	48	357	2	17	64	68	72	48
318	2	15	64	32	72	48	358	2	17	72	68	96	48
319	4	29	96	40	64	48	359	2	17	76	68	96	48
320	2	16					360	2	18				
321	2	15	84	48	64	48	370	4	37				
322	3	23	64	78	62	48	376	5	47				
323	5	39	66	30	80	48	380	2	19				
324	2	15	72	32	64	48	390	4	39				
325	2	15	80	30	64	48	392	5	49				
326	2	15	78	40	64	48	400	2	20				
327	2	15	96	64	72	48							
328	5	41											
329	2	16	48	37	72	48							
330	4	33											

NOTA. – A partir de la división 51, la manivela solamente da la parte de vuelta expresada por p_a.

Aparatos divisores	DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA) RELACIÓN DE DIVISIÓN 90/1	TABLA 12 . 10

PLATILLOS

Serie 1.ª



APLICACIÓN

Divisores: Platos divisores

N.º de divis. N	Manivela: N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. cr. platillo a_c	N.º de divis. N	Manivela: N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. platillo a_c	N.º de divis. N	Manivela: N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. platillo a_c	N.º de divis. N	N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. platillo a_c
2	45	—	Cualq.	35	2	28	49	85	1	1	17	185	0	18	37
3	30	—	Cualq.	36	2	10	20	86	1	2	43	186		15	31
4	22	10	20	37	2	16	37	87	1	1	29	189		10	21
5	18	—	Cualq.	38	2	7	19	90	1	—	Cualq.	190		9	19
6	15	—	Cualq.	39	2	12	39	93	0	30	31	195		18	39
7	12	18	21	40	2	5	20	94		45	47	198		15	33
8	11	5	20	41	2	8	41	96		15	16	200		9	20
9	10	—	Cualq.	42	2	3	21	98		45	49	205		18	41
10	9	—	Cualq.	43	2	4	43	100		18	20	207		10	33
11	8	6	33	45	2	—	Cualq.	102		15	17	210		9	21
12	7	10	20	46	2	22	23	105		18	21	215		18	43
13	6	36	39	47	1	43	47	110		27	33	225		6	15
14	6	21	49	48	1	14	16	111		30	37	230		9	23
15	6	—	Cualq.	49	1	41	49	114		15	19	234		15	39
16	5	10	16	50	1	16	20	115		18	23	235		18	47
17	5	5	17	51	1	13	17	117		30	39	243		10	27
18	5	—	Cualq.	54	1	18	27	120		15	20	245		18	49
19	4	14	19	55	1	21	33	126		15	21	246		15	41
20	4	10	20	57	1	11	19	129		30	43	261		10	29
21	4	14	49	58	1	16	29	130		27	39	270		9	27
22	4	3	33	60	1	10	20	135		18	27	282		15	47
23	3	21	23	62	1	14	31	138		15	23	294		15	49
24	3	15	20	63	1	9	21	144		15	24	300		6	20
25	3	12	20	65	1	15	39	145		18	29	310		9	31
26	3	18	39	66	1	12	33	147		30	49	315		14	49
27	3	9	27	67	1	13	17	150		12	20	330		9	33
28	3	3	14	69	1	7	23	155		18	31	360		5	20
29	3	3	29	70	1	14	49	160		9	16	370		9	37
30	3	—	Cualq.	74	1	8	37	162		15	27	390		9	39
31	2	28	31	75	1	4	20	165		18	33	430		9	43
32	2	13	16	78	1	6	39	170		9	17				
33	2	24	33	81	1	3	27	174		15	29				
34	2	11	17	82	1	4	41	180		10	20				

Aparatos divisores	**DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA)** **RELACIÓN DE DIVISIÓN 120/1**	TABLA 13 . 10

PLATILLOS

Serie 1.ª



APLICACIÓN

Divisores:
Platos divisores

N.º de divis.	*Manivela*			*N.º de divis.*	*Manivela*			*N.º de divis.*	*Manivela*			*N.º de divis.*			
N	*N.º de vueltas* *n*	*Pasos de aguj.* p_a	*Ag. cir. platillo* a_c	*N*	*N.º de vueltas* *n*	*Pasos de aguj.* p_a	*Ag. c. platillo* a_c	*N*	*N.º de vueltas* *n*	*Pasos de aguj.* p_a	*Ag. c. platillo* a_c	*N*	*N.º de vueltas* *n*	*Pasos de aguj.* p_a	*Ag. c. platillo* a_c
2	60	—	Cualq.	42	2	18	21	93	1	9	31	164	0	30	41
3	40	—	Cualq.	43	2	34	43	94	1	13	47	165		24	33
4	30	—	Cualq.	44	2	24	33	95	1	5	19	168		15	21
5	24	—	Cualq.	45	2	26	39	96	1	5	20	170		12	17
6	20	—	Cualq.	46	2	14	23	98	1	11	49	172		30	43
7	17	3	21	47	2	26	47	99	1	7	33	174		20	29
8	15	—	Cualq.	48	2	10	20	100	1	4	20	180		18	27
9	13	9	27	49	2	22	49	102	1	3	17	184		15	23
10	12	—	Cualq.	50	2	8	20	104	1	6	39	185		24	37
11	10	30	33	51	2	6	17	105	1	3	21	186		20	31
12	10	—	Cualq.	52	2	12	39	108	1	3	27	188		30	47
13	9	9	39	54	2	6	27	110	1	3	33	190		12	19
14	8	28	49	55	2	6	33	111	1	3	37	192		10	16
15	8	—	Cualq.	56	2	7	49	114	1	1	19	195		24	39
16	7	10	20	57	2	2	19	115	1	1	23	196		30	49
17	7	1	17	58	2	2	29	116	1	1	29	198		20	33
18	6	26	39	60	2	—	Cualq.	117	1	1	39	200		12	20
19	6	6	19	62	1	29	31	120	1	—	Cualq.	204		10	17
20	6	—	Cualq.	63	1	19	21	123	0	40	41	205		24	41
21	5	35	49	64	1	14	16	124		30	31	208		15	20
22	5	15	33	65	1	33	39	126		20	21	210		28	49
23	5	5	23	66	1	27	33	128		15	16	215		24	43
24	5	—	Cualq.	68	1	13	17	129		40	43	216		15	27
25	4	16	20	69	1	17	23	130		36	39	220		18	33
26	4	24	39	70	1	35	49	132		30	33	222		20	37
27	4	12	27	72	1	26	39	135		24	27	225		8	15
28	4	14	49	74	1	23	37	136		15	17	228		10	19
29	4	4	29	75	1	12	20	138		20	23	230		12	23
30	4	—	Cualq.	76	1	11	19	140		42	49	232		15	29
31	3	27	31	78	1	21	39	141		40	47	234		20	39
32	3	15	20	80	1	10	20	144		15	18	235		24	47
33	3	21	33	81	1	13	27	145		24	29	240		10	20
34	3	9	17	82	1	19	41	147		40	49	245		24	49
35	3	21	49	84	1	21	49	148		30	37	246		20	41
36	3	11	33	85	1	7	17	150		16	20	248		15	31
37	3	9	37	86	1	17	43	152		15	19	252		10	21
38	3	3	19	87	1	11	29	155		24	31	255		8	17
39	3	3	39	88	1	12	33	156		30	39	256		15	33
40	3	—	Cualq.	90	1	13	39	160		12	16	258		20	43
41	2	38	41	92	1	7	23	162		20	27	260		18	39

Aparatos divisores	DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA) RELACIÓN DE DIVISIÓN 120/1	TABLA 14 . 10

PLATILLOS

Agujeros:
A. 17, 21, 25, 31, 37, 43
B 19, 23, 27, 33, 39, 45
C. 20, 24, 29, 35, 41, 47



APLICACIÓN

Divisores:
Platos divisores

N.° de divis.	Manivela			N.° de divis.	Manivela			N.° de divis.	Manivela			N.° de divis.	Manivela			N.° de divis.	Manivela		
	N.° de vuelt.	Pasos aguj.	Ag. c. plat.		N.° de vuelt.	Pasos aguj.	Ag. c. plat.		N.° de vuelt.	Pasos aguj.	Ag. c. plat.		N.° de vuelt.	Pasos aguj.	Ag. c. plat.		N.° de vuelt.	Pasos aguj.	Ag. c. plat.
N	n	p_a	a_c	N	n	p_a	a_c	N	n	p_a	a_c	N	n	p_a	a_c	N	n	p_a	a_c
2	60	—	Cualq.	40	3	—	Cualq.	88	1	12	33	156	0	30	39	255	0	8	17
3	40	—	Cualq.	41	2	38	41	90	1	8	24	160		15	20	258		20	43
4	30		Cualq.	42	2	30	35	92	1	7	23	162		20	27	260		18	39
5	24	-	Cualq.	43	2	34	43	93	1	9	31	164		30	41	264		15	33
6	20	—	Cualq.	44	2	24	33	94	1	13	47	165		24	33	270		12	27
7	17	3	21	45	2	16	24	95	1	5	19	168		25	35	276		10	23
8	15	—	Cualq.	46	2	14	23	96	1	5	20	170		12	17	280		9	21
9	13	8	24	47	2	26	47	99	1	7	33	172		30	43	282		20	47
10	12		Cualq.	48	2	10	20	100	1	5	25	174		20	29	285		8	19
11	10	30	33	50	2	10	25	102	1	3	17	175		24	35	288		10	24
12	10		Cualq.	51	2	6	17	104	1	6	39	180		16	24	290		12	29
13	9	9	39	52	2	12	39	105	1	5	35	184		15	23	296		15	37
14	8	12	21	54	2	6	27	108	1	3	27	185		24	37	300		10	25
15	8	—	Cualq.	55	2	6	33	110	1	3	33	186		20	31	310		12	31
16	7	10	20	56	2	3	21	111	1	3	37	188		30	47	312		15	39
17	7	1	17	57	2	2	19	114	1	1	19	190		12	19	315		8	21
18	6	16	24	58	2	2	29	115	1	1	23	192		15	24	320		9	24
19	6	6	19	60	2	—	Cualq.	116	1	1	29	195		24	39	324		10	27
20	6		Cualq.	62	1	29	31	117	1	1	39	198		20	33	328		15	41
21	5	25	35	63	1	19	21	120	1	—	Cualq.	200		15	25	330		12	33
22	5	15	33	64	1	21	24	123	0	40	41	204		10	17	340		6	17
23	5	5	23	65	1	33	39	124		30	31	205		24	41	344		15	43
24	5		Cualq.	66	1	27	33	125		24	25	210		20	35	345		8	23
25	4	20	25	68	1	13	17	126		20	21	215		24	43	348		10	29
26	4	24	39	69	1	17	23	129		40	43	216		15	27	350		12	35
27	4	12	27	70	1	15	21	130		36	39	220		18	33	360		8	24
28	4	6	21	72	1	16	24	132		30	33	222		20	37	370		12	37
29	4	4	29	74	1	23	37	135		24	27	225		24	45	372		10	31
30	4	—	Cualq.	75	1	15	25	136		15	17	228		10	19	375		8	25
31	3	27	31	76	1	11	19	138		20	23	230		12	23	376		15	47
32	3	18	24	78	1	21	39	140		18	21	232		15	29	380		6	19
33	3	21	33	80	1	10	20	141		40	47	234		20	39	390		12	39
34	3	9	17	81	1	13	27	144		20	24	235		24	47	396		10	33
35	3	9	21	82	1	19	41	145		24	29	240		10	20	400		6	20
36	3	8	24	84	1	15	35	148		30	37	246		20	41	405		8	27
37	3	9	37	85	1	7	17	150		20	25	248		15	31	408		5	17
38	3	3	19	86	1	17	43	152		15	19	250		12	25	410		12	41
39	3	3	39	87	1	11	29	155		24	31	252		10	21	420		10	35

Aparatos divisores	**DIVISIÓN SIMPLE (INDIRECTA)** **RELACIÓN DE DIVISIÓN 180/1**	TABLA 15 . 10

PLATILLOS

Serie 1.ª



APLICACIÓN

Divisores:
Platos divisores

N.º de divis.	Manivela			N.º de divis.	Manivela			N.º de divis.	Manivela			N.º de divis.			
N	N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. circunfer. a_c	N	N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. a_c	N	N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. a_c	N	N.º de vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. a_c
2	90	—	Cualq.	42	4	6	21	95	1	17	19	180	1	—	Cualq.
3	60	—	Cualq.	43	4	8	43	96	1	14	16	185	0	36	37
4	45	—	Cualq.	44	4	3	33	98	1	41	49	186		30	31
5	36	—	Cualq.	45	4	—	Cualq.	99	1	27	33	188		45	47
6	30	—	Cualq.	46	3	21	23	100	1	16	20	189		20	21
7	25	15	21	47	3	39	47	102	1	13	17	190		18	19
8	22	10	20	48	3	15	20	105	1	35	49	195		36	39
9	20	—	Cualq.	49	3	33	49	108	1	18	27	196		45	49
10	18	—	Cualq.	50	3	12	20	110	1	21	33	198		30	33
11	16	12	33	51	3	9	17	111	1	23	37	200		18	20
12	15	—	Cualq.	52	3	18	39	112	1	7	20	204		15	17
13	13	33	39	54	3	9	27	114	1	11	19	205		36	41
14	12	42	49	55	3	9	33	115	1	13	23	207		20	23
15	12	—	Cualq.	57	3	3	19	116	1	16	29	210		18	21
16	11	4	16	58	3	3	29	117	1	21	39	215		36	43
17	10	10	17	60	3	—	Cualq.	120	1	10	20	216		15	18
18	10	—	Cualq.	62	2	28	31	123	1	19	41	220		27	33
19	9	9	19	63	2	18	21	124	1	14	31	225		16	20
20	9	—	Cualq.	64	2	13	16	125	1	11	25	228		15	19
21	8	28	49	65	2	30	39	126	1	9	21	230		18	23
22	8	6	33	66	2	24	33	129	1	17	43	234		30	39
23	7	19	23	68	2	11	17	130	1	15	39	235		36	47
24	7	10	20	69	2	14	23	132	1	12	33	240		15	20
25	7	4	20	70	2	28	49	135	1	9	27	243		20	27
26	6	36	39	72	2	9	18	138	1	7	23	245		36	49
27	6	18	27	74	2	16	37	140	1	14	49	246		30	41
28	6	21	49	75	2	8	20	141	1	13	47	260		27	39
29	6	6	29	76	2	7	19	144	1	5	20	261		20	29
30	6	—	Cualq.	78	2	12	39	145	1	7	29	270		18	27
31	5	25	31	80	2	5	20	147	1	11	49	282		30	47
32	5	10	16	81	2	6	27	148	1	8	37	290		19	29
33	5	15	33	82	2	8	41	150	1	4	20	294		30	49
34	5	5	17	84	2	3	21	155	1	5	31	300		12	20
35	5	7	49	85	2	2	17	156	1	6	39	310		18	31
36	5	—	Cualq.	86	2	4	43	160	1	2	16	315		28	49
37	4	32	37	87	2	2	19	162	1	3	27	330		18	33
38	4	14	19	90	2	—	Cualq.	164	1	4	41	360		10	20
39	4	24	39	92	1	22	43	165	1	3	33	370		18	37
40	4	10	20	93	1	29	31	170	1	1	17	390		18	39
41	4	16	41	94	1	43	47	174	1	1	29	400		9	20

PLATOS DIVISORES DE FUNCIONAMIENTO AUTOMÁTICO

Tipo de platos divisores

Los platos divisores automáticos están programados para realizar toda clase de giros, uniformes o variados en valor angular, con precisión micrométrica. Normalmente se fabrican con mando motorizado, electrónico y automático.

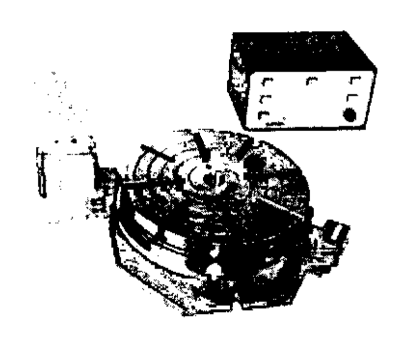
Divisores motorizados

Las características generales son las siguientes:

Velocidad variable (de 0,05 a 2,5 r.p.m.) mediante motor de corriente continua.

Rotación continua o alternativa programable (rápido-lento).

Son adecuados para el fresado o planeado circular.



Divisores electrónicos

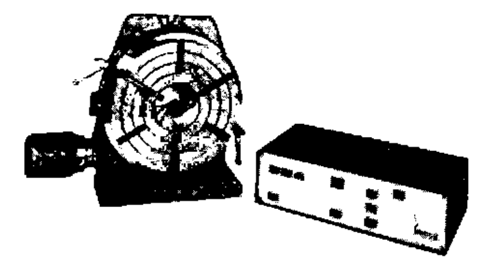
Las características de estos divisores, son:

División programada mediante motor paso a paso.

Posibilidad de 1 a 999 divisiones o cualquier ángulo hasta 10° con lectura hasta 0,01°.

Posicionamiento horizontal o vertical.

Aproximación rápida y posicionamiento lento paso a paso.



Divisores automáticos

Estos divisores se programan para realizar automáticamente:

División programable por micro-interruptores.

La rotación es por motor de corriente alterna con embragues electromagnéticos y posicionamiento con frenos hidráulicos.

Valores angulares entre agujeros circunferenciales de los platillos

El valor angular entre dos agujeros circunferenciales de todo platillo es:

$$\alpha^\circ = \frac{360}{i \cdot n} \text{ grados, y } \alpha' = \frac{360 \times 60}{i \cdot a_c} \text{ minutos,}$$

siendo i la relación de división del aparato, y a_c el número de agujeros circunferenciales del platillo.

Utilizando un aparato divisor semi-universal o universal, si la relación de división es i, a una vuelta completa de la manivela le corresponderá al árbol de la rueda helicoidal o a la pieza que gira con éste, los valores siguientes:

$$\text{Para } i = 40/1,\ \alpha^\circ = \frac{360}{40} = 9^\circ;\ \alpha' = \frac{360 \times 60}{40} = 540'$$

$$\text{Para } i = 60/1,\ \alpha = \frac{360}{60} = 6^\circ;\ \alpha' = \frac{360 \times 60}{60} = 360'$$

$$\text{Para } i = 90/1,\ \alpha = \frac{360}{90} = 4^\circ;\ \alpha' = \frac{360 \times 60}{90} = 240'$$

$$\text{Para } i = 120/1,\ \alpha = \frac{360}{120} = 3^\circ;\ \alpha' = \frac{360 \times 60}{120} = 180'$$

$$\text{Para } i = 180/1,\ \alpha = \frac{360}{180} = 2^\circ;\ \alpha' = \frac{360 \times 60}{180} = 120'$$

En la Tabla que sigue se exponen los valores angulares, en minutos, entre dos agujeros circunferenciales, siendo i = 40/1, y considerando los platillos de la serie 1.ª.

Valores angulares α' (minutos)

Platillo A		*Platillo B*		*Platillo C*	
Aguj. circunfer. a_c	*Valor angular* α'	*Aguj. circunfer.* a_c	*Valor angular* α'	*Aguj. circunfer.* a_c	*Valor angular* α'
15	36	21	25,7143	37	14,5946
16	33,75	23	23,4783	39	13,8462
17	31,7647	27	20	41	13,1707
18	30	29	18,6207	43	12,5581
19	28,4211	31	17,4194	47	11,4894
20	27	33	16,3636	49	11,0204

Para otros valores de i, resulta:

Valores angulares α' (minutos)

Platillo A					*Platillo B*					*Platillo C*				
Aguj. circunf. a_c	*Relaciones i*				*Aguj. circunf.* a_c	*Relaciones i*				*Aguj. circunf.* a_c	*Relaciones i*			
	60/1	*90/1*	*120/1*	*180/1*		*60/1*	*90/1*	*120/1*	*180/1*		*60/1*	*90/1*	*120/1*	*180/1*
15	24	16	12	8	21	17,14	14,43	8,57	5,71	37	9,73	6,49	4,86	3,24
16	22,50	15	11,25	7,50	23	15,65	10,43	7,83	5,22	39	9,23	6,15	4,62	3,08
17	21,18	14,12	10,59	7,06	27	13,33	8,89	6,67	4,44	41	8,78	5,85	4,39	2,93
18	20	13,33	10	6,67	29	12,41	8,28	6,21	4,14	43	8,37	5,58	4,19	2,79
19	18,95	12,63	9,47	6,32	31	11,61	7,74	5,81	3,87	47	7,66	5,11	3,83	2,55
20	18	12	9	6	33	10,91	7,27	5,45	3,64	49	7,35	4,90	3,67	2,45

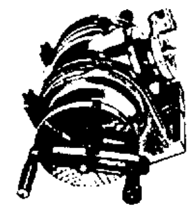
Según la Tabla de arriba, utilizando los platillos de 18 y 27 agujeros circunferenciales, el giro de 1.° del árbol del cabezal o de la pieza se consigue con el primero para 18/9 = 2 pasos o divisiones y 27/9 = 3 pasos o divisiones circunferenciales con el segundo platillo.

En la Tabla 17.10 se exponen determinados giros angulares de la rueda helicoidal de la pieza, para i = 40/1, indicando el número de vueltas y de pasos circunferenciales (agujeros) que ha de dar la manivela para conseguir aquel giro o división angular.

Aparatos divisores	**DIVISIÓN ANGULAR** *Giros angulares de las piezas y vueltas de la manivela*	**TABLA 17 . 10**

PLATILLOS

A 18* y *B 27* de la *Serie 1.ª



i = 40/1

APLICACIÓN

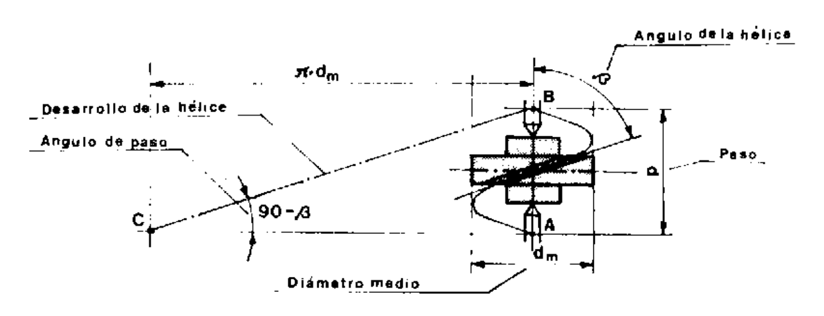
Divisores: Semi-universales Platos divisores

Giro	Manivela			Giro	Manivela			Giro	Manivela			Giro	Manivela		
angular $\alpha°$	Vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. cir. platillo a_c	angular $\alpha°$	Vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. platillo a_c	angular $\alpha°$	Vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. platillo a_c	angular $\alpha°$	Vueltas n	Pasos de aguj. p_a	Ag. c. platillo a_c
1	0	2	18	12	1	6	18	23	2	10	18	34	3	14	18
1 1/3		4	27	12 1/3	1	10	27	23 1/3	2	16	27	34 1/3	3	22	27
1 1/2		3	18	12 1/2	1	7	18	23 1/2	2	11	18	34 1/2	3	15	18
1 2/3		5	27	12 2/3	1	11	27	23 2/3	2	17	27	34 2/3	3	38	27
2		4	18	13	1	8	18	24	2	12	18	25	3	16	18
2 1/3		7	27	13 1/3	1	13	27	24 1/3	2	19	27	35 1/3	3	25	27
2 1/2		5	18	13 1/2	1	9	18	24 1/2	2	13	18	35 1/2	3	17	18
2 2/3		8	27	13 2/3	1	14	27	24 2/3	2	20	27	35 2/3	3	26	27
3		6	18	14	1	10	18	25	2	14	18	36	4		
3 1/3		10	27	14 1/3	1	16	27	25 1/3	2	22	27	36 1/3	4	1	27
3 1/2		7	18	14 1/2	1	11	18	25 1/2	2	15	18	36 1/2	4	1	18
3 2/3		11	27	14 2/3	1	17	27	25 2/3	2	23	27	36 2/3	4	2	27
4		8	18	15	1	12	18	26	2	16	18	37	4	2	18
4 1/3		13	27	15 1/3	1	19	27	26 1/3	2	25	27	37 1/3	4	4	27
4 1/2		9	18	15 1/2	1	13	18	26 1/2	2	17	18	37 1/2	4	3	18
4 2/3		14	27	15 2/3	1	20	27	26 2/3	2	26	27	37 2/3	4	5	27
5		10	18	16	1	14	18	27	3			38	4	4	18
5 1/3		16	27	16 1/3	1	22	27	27 1/3	3	1	27	38 1/3	4	7	27
5 1/2		11	18	16 1/2	1	15	18	27 1/2	3	1	18	38 1/2	4	5	18
5 2/3		17	27	16 2/3	1	23	27	27 2/3	3	2	27	38 2/3	4	8	27
6		12	18	17	1	16	18	28	3	2	18	39	4	6	18
6 1/3		19	27	17 1/3	1	25	27	28 1/3	3	4	27	39 1/3	4	10	27
6 1/2		13	18	17 1/2	1	17	18	28 1/2	3	3	18	39 1/2	4	7	18
6 2/3		20	27	17 2/3	1	26	27	28 2/3	3	5	27	39 2/3	4	11	27
7		14	18	18	2			29	3	4	18	40	4	8	18
7 1/3		22	27	18 1/3	2	1	27	29 1/3	3	7	27	40 1/3	4	13	27
7 1/2		15	18	18 1/2	2	1	18	29 1/2	3	5	18	40 1/2	4	9	18
7 2/3		23	27	18 2/3	2	2	27	29 2/3	3	8	27	40 2/3	4	14	27
8		16	18	19	2	2	18	30	3	6	18	41	4	10	18
8 1/3		25	27	19 1/3	2	4	27	30 1/3	3	10	27	41 1/3	4	16	27
8 1/2		17	18	19 1/2	2	3	18	30 1/2	3	7	18	41 1/2	4	11	18
8 2/3		26	27	19 2/3	2	5	27	30 2/3	3	11	27	41 2/3	4	17	27
9	1			20	2	4	18	31	3	8	18	42	4	12	18
9 1/3	1	1	27	20 1/3	2	7	27	31 1/3	3	13	27	42 1/3	4	19	27
9 1/2	1	1	18	20 1/2	2	5	18	31 1/2	3	9	18	42 1/2	4	13	18
9 2/3	1	2	27	20 2/3	2	8	27	31 2/3	3	14	27	42 2/3	4	20	27
10	1	2	18	21	2	6	18	32	3	10	18	43	4	14	18
10 1/3	1	4	27	21 1/3	2	10	27	32 1/3	3	16	27	43 1/3	4	22	27
10 1/2	1	3	18	21 1/2	2	7	18	32 1/2	3	11	18	43 1/2	4	15	18
10 2/3	1	5	27	21 2/3	2	11	27	32 2/3	3	17	27	43 2/3	4	23	27
11	1	4	18	22	2	8	18	33	3	12	18	44	4	16	18
11 1/3	1	7	27	22 1/3	2	13	27	33 1/3	3	19	27	44 1/3	4	25	27
11 1/2	1	5	18	22 1/2	2	9	18	33 1/2	3	13	18	44 1/2	4	17	18
11 2/3	1	8	27	22 2/3	2	14	27	33 2/3	3	20	27	44 2/3	4	26	27
45	5			45 1/3	5	1	27	45 1/2	5	1	18	45 2/3	5	2	27

FRESADO HELICOIDAL
LA HÉLICE

La hélice

La hélice es una curva que da vueltas sobre la superficie de un cilindro cortando a todas sus generatrices según el mismo ángulo, a derecha o izquierda, de acuerdo con el sentido de enrollamiento. El paso de la hélice es la distancia axial tomada entre dos de sus puntos seguidos sobre una generatriz.



Relación entre los elementos de la hélice

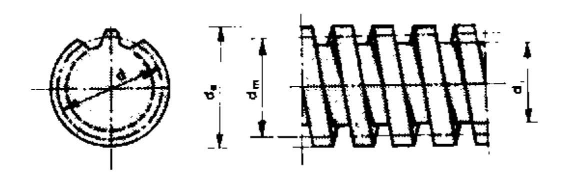
Paso de la hélice, $p = \pi \cdot d_m \cdot \text{cotg}\ \beta \left(= \frac{\pi \cdot d_m}{\text{tg}\ \beta} \right)$

Desarrollo de la hélice, $l (= AC) = \pi \cdot d_m$

Ángulo de la hélice, β; $\text{cotg}\ \beta = \frac{p}{\pi \cdot d_m} \left(\text{tg}\ \beta = \frac{\pi \cdot d_m}{p} \right)$

Ángulo de paso de la hélice, $90 - \beta$; $\text{tg}\ (90 - \beta) = \frac{p}{\pi \cdot d_m}$

En una hélice el diámetro medio es igual a la semisuma de los diámetros exterior e interior de la canal fresada; en el tallado de ruedas dentadas, el diámetro medio es igual al diámetro primitivo ($d_m = d$), y en las roscas es igual al diámetro medio de la rosca.



Ejemplo 1.°. — Cálculo del ángulo de la hélice de 300 mm de paso en un cilindro de 100 mm de diámetro medio.

$$\text{tg}\ \beta = \frac{\pi \cdot d_m}{p} = \frac{\pi \times 100}{300} = 1{,}0472;\ \beta = 46{,}32° = 46°\ 19'\ 14{,}5''$$

Ejemplo 2.°. — Cálculo del paso de una hélice cuyo ángulo de hélice es de 46° 19' 14,5'' en un cilindro de 100 mm. de diámetro.

$$p = \frac{\pi \cdot d_m}{\text{tg}\ \beta} = \frac{\pi \times 100}{1{,}0472} = 300 \text{ mm.}$$

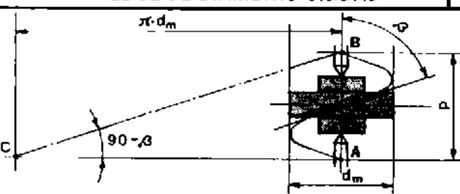
NOTA. – En las Tablas 18.10 que siguen, se exponen valores de paso de hélices sobre la superficie de un cilindro de diámetro igual a la unidad. Los valores de la Tabla sirven como coeficiente para calcular otros pasos (véase ejemplos en las Tablas).

Aparatos divisores	PASO DE LA HÉLICE EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO β DE 0 A 45° VALORES PARA LA HÉLICE DE DIÁMETRO UNIDAD	TABLA 18, . 10

$$p = \pi \cdot d_m \cdot \operatorname{cotg} \beta = \frac{\pi \cdot d_m}{\operatorname{tg} \beta}$$

Para $d_m = 1$:

$$p = \pi \cdot \operatorname{cotg} \beta = \frac{\pi}{\operatorname{tg} \beta}$$



Paso de la hélice para β igual a...

Grados	*0'*	*6'*	*12'*	*18'*	*24'*	*30'*	*36'*	*42'*	*48'*	*54'*	*60'*
0	Infinito	1800,001	899,997	599,994	499,993	359,992	299,990	257,130	224,986	199,983	179,982
1	179,982	163,616	149,978	138,438	128,545	119,973	112,471	105,851	99,967	94,702	89,964
2	89,964	85,676	81,778	78,219	74,956	71,954	69,183	66,617	64,235	62,016	59,945
3	59,945	58,008	56,191	54,485	52,879	51,365	40,934	48,581	47,299	46,082	44,927
4	44,927	43,827	42,780	41,782	40,829	39,918	39,046	38,212	37,412	36,645	35,909
5	35,909	35,201	34,520	33,866	33,235	32,627	32,040	31,475	30,928	30,400	29,890
6	29,890	29,397	28,919	28,456	28,008	27,573	27,152	26,743	26,346	25,961	25,586
7	25,586	25,222	24,868	24,524	24,189	23,863	23,545	23,236	22,934	22,640	22,354
8	22,354	22,074	21,801	21,535	21,275	21,021	20,773	20,530	20,293	20,062	19,835
9	19,835	19,614	19,397	19,185	18,977	18,773	18,574	18,379	18,188	18,000	17,817
10	17,817	17,637	17,460	17,287	17,117	16,950	16,787	16,626	16,469	16,314	16,162
11	16,162	16,013	15,866	15,722	15,581	15,441	15,305	15,170	15,038	14,908	14,780
12	14,780	14,654	14,530	14,409	14,289	14,171	14,055	13,940	13,828	13,717	13,608
13	13,608	13,500	13,394	13,290	13,187	13,085	12,986	12,887	12,790	12,695	12,600
14	12,600	12,507	12,415	12,325	12,237	12,148	12,061	11,975	11,890	11,807	11,725
15	11,725	11,643	11,563	11,484	11,405	11,328	11,252	11,177	11,102	11,029	10,956
16	10,956	10,884	10,813	10,743	10,674	10,606	10,538	10,471	10,405	10,340	10,276
17	10,276	10,212	10,149	10,086	10,025	9,964	9,904	9,844	9,785	9,727	9,669
18	9,669	9,612	9,555	9,499	9,444	9,389	9,335	9,281	9,228	9,176	9,124
19	9,124	9,072	9,021	8,971	8,921	8,872	8,823	8,774	8,726	8,679	8,631
20	8,631	8,585	8,539	8,493	8,447	8,403	8,358	8,314	8,270	8,277	8,184
21	8,184	8,142	8,099	8,058	8,016	7,975	7,935	7,894	7,855	7,815	7,776
22	7,776	7,737	7,698	7,660	7,622	7,584	7,547	7,510	7,474	7,437	7,401
23	7,401	7,365	7,330	7,295	7,260	7,225	7,191	7,157	7,123	7,089	7,056
24	7,056	7,023	6,990	6,958	6,926	6,894	6,862	6,830	6,799	6,768	6,737
25	6,737	6,707	6,676	6,646	6,617	6,586	6,557	6,528	6,499	6,470	6,441
26	6,441	6,413	6,385	6,357	6,329	6,300	6,274	6,246	6,219	6,192	6,166
27	6,166	6,139	6,113	6,087	6,061	6,035	6,009	5,984	5,959	5,933	5,908
28	5,908	5,884	5,859	5,835	5,810	5,786	5,762	5,738	5,715	5,691	5,668
29	5,668	5,644	5,621	5,598	5,575	5,553	5,530	5,508	5,486	5,463	5,441
30	5,441	5,420	5,398	5,376	5,355	5,333	5,312	5,291	5,270	5,249	5,228
31	5,228	5,208	5,187	5,167	5,147	5,127	5,107	5,087	5,067	5,047	5,028
32	5,028	5,008	4,989	4,969	4,950	4,931	4,912	4,894	4,875	4,856	4,838
33	4,838	4,819	4,801	4,783	4,764	4,746	4,728	4,711	4,693	4,675	4,658
34	4,658	4,640	4,623	4,605	4,588	4,571	4,554	4,537	4,520	4,503	4,487
35	4.487	4,470	4.453	4,437	4,421	4,404	4,388	4,372	4,356	4,340	4,324
36	4,324	4,308	4,292	4,277	4,261	4,246	4,230	4,215	4,199	4,184	4,169
37	4,169	4,154	4,139	4,124	4,109	4,094	4,079	4,065	4,050	4,036	4,021
38	4,021	4,007	3,992	3,978	3,964	3,950	3,935	3,921	3,907	3,893	3,880
39	3,880	3,866	3,852	3,838	3,825	3,811	3,798	3,784	3,771	3,757	3,744
40	3,744	3,731	3,718	3,704	3,691	3,678	3,665	3,652	3,640	3,627	3,614
41	3,614	3,601	3,589	3,576	3,563	3,551	3,538	3,526	3,514	3,501	3,489
42	3,489	3,477	3,465	3,453	3,440	3,428	3,416	3,405	3,393	3,381	3,369
43	3,369	3,358	3,346	3,334	3,322	3,311	3,299	3,287	3,276	3,265	3,253
44	3,253	3,242	3,231	3,219	3,208	3,197	3,186	3,175	3,164	3,153	3,142

Aplicación

Ejemplo 1.°. — Paso de una hélice de 1 mm. de diámetro medio, con un ángulo de hélice $\beta = 15° \ 12'$. Directamente en la Tabla, paso $p = 11{,}563$ mm.

Ejemplo 2.°. — Cálculo del paso de una hélice de 175 mm. de diámetro medio, y un ángulo de la hélice de 15° 12'.

En la Tabla, para una hélice de diámetro unidad y $\beta = 15° \ 12'$, $p = 11{,}563$.

Paso de la hélice, $p = 11{,}563 \times 175 = 2023{,}52$ mm.

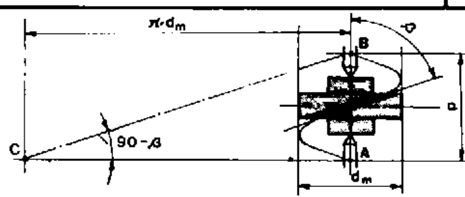
NOTA. — Si el diámetro se expresa en pulgadas, el paso, asimismo, se obtiene en pulgadas.

Aparatos divisores	***PASO DE LA HÉLICE EN FUNCIÓN DEL ÁNGULO β DE 0 A 45°*** ***VALORES PARA LA HÉLICE DE DIÁMETRO UNIDAD***	TABLA 18_2 . 10

$$p = \pi \cdot d_m \cdot \text{cotg}\ \beta = \frac{\pi \cdot d_m}{\text{tg}\ \beta}$$

Para $d_m = 1$:

$$p = \pi \cdot \text{cotg}\ \beta = \frac{\pi}{\text{tg}\ \beta}$$



Paso de la hélice para β igual a...

Grados	*0'*	*6'*	*12'*	*18'*	*24'*	*30'*	*36'*	*42'*	*48'*	*54'*	*60'*
45	3,142	3,131	3,120	3,109	3,098	3,087	3,076	3,066	3,055	3,044	3,034
46	3,034	3,023	3,013	3,002	2,992	2,981	2,971	2,960	2,950	2,940	2,930
47	2,930	2,919	2,909	2,899	2,889	2,879	2,869	2,859	2,849	2,839	2,829
48	2,829	2,819	2,809	2,799	2,789	2,779	2,770	2,760	2,750	2,741	2,731
49	2,731	2,721	2,712	2,702	2,693	2,683	2,674	2,764	2,655	2,645	2,636
50	2,636	2,627	2,617	2,608	2,599	2,590	2,581	2,571	2,562	2,553	2,544
51	2,544	2,535	2,526	2,517	2,508	2,499	2,490	2,481	2,472	2,463	2,454
52	2,454	2,446	2,437	2,428	2,419	2,411	2,402	2,393	2,385	2,376	2,367
53	2,367	2,359	2,350	2,342	2,333	2,325	2,316	2,308	2,299	2,291	2,282
54	2,282	2,274	2,266	2,257	2,249	2,241	2,233	2,224	2,216	2,208	2,200
55	2,200	2,192	2,183	2,175	2,167	2,159	2,151	2,143	2,135	2,127	2,119
56	2,119	2,111	2,103	2,095	2,087	2,079	2,072	2,064	2,056	2,048	2,040
57	2,040	2,032	2,025	2,017	2,009	2,001	1,994	1,986	1,978	1,971	1,963
58	1,963	1,955	1,948	1,940	1,933	1,925	1,918	1,910	1,903	1,895	1,888
59	1,888	1,880	1,873	1,865	1,858	1,851	1,843	1,836	1,828	1,821	1,814
60	1,814	1,806	1,799	1,792	1,785	1,777	1,770	1,763	1,756	1,749	1,741
61	1,741	1,734	1,727	1,720	1,713	1,706	1,699	1,692	1,685	1,677	1,670
62	1,670	1,663	1,656	1,649	1,642	1,635	1,628	1,621	1,615	1,608	1,601
63	1,601	1,594	1,587	1,580	1,573	1,566	1,559	1,553	1,546	1,539	1,532
64	1,532	1,525	1,519	1,512	1,505	1,498	1,492	1,485	1,478	1,472	1,465
65	1,465	1,458	1,452	1,445	1,438	1,432	1,425	1,418	1,412	1,405	1,399
66	1,399	1,392	1,386	1,379	1,372	1,366	1,359	1,353	1,346	1,340	1,334
67	1,334	1,327	1,321	1,314	1,308	1,301	1,295	1,288	1,282	1,276	1,269
68	1,269	1,263	1,257	1,250	1,244	1,237	1,231	1,225	1,219	1,212	1,206
69	1,206	1,200	1,193	1,187	1,181	1,175	1,168	1,162	1,156	1,150	1,143
70	1,143	1,137	1,131	1,125	1,119	1,112	1,106	1,100	1,094	1,088	1,082
71	1,082	1,076	1,069	1,063	1,057	1,051	1,045	1,039	1,033	1,027	1,021
72	1,021	1,015	1,009	1,003	0,997	0,991	0,985	0,978	0,972	0,966	0,960
73	0,960	0,954	0,948	0,943	0,937	0,931	0,925	0,919	0,913	0,907	0,901
74	0,901	0,895	0,889	0,883	0,877	0,871	0,865	0,859	0,854	0,848	0,842
75	0,842	0,836	0,830	0,824	0,818	0,812	0,807	0,801	0,795	0,789	0,783
76	0,783	0,777	0,772	0,766	0,760	0,754	0,748	0,743	0,737	0,731	0,725
77	0,725	0,720	0,714	0,708	0,702	0,696	0,691	0,685	0,679	0,673	0,668
78	0,668	0,662	0,656	0,651	0,645	0,639	0,633	0,628	0,622	0,616	0,611
79	0,611	0,605	0,599	0,594	0,588	0,582	0,577	0,571	0,565	0,560	0,554
80	0,554	0,548	0,543	0,537	0,531	0,526	0,520	0,514	0,509	0,503	0,498
81	0,498	0,492	0,486	0,481	0,475	0,469	0,464	0,458	0,453	0,447	0,441
82	0,441	0,436	0,430	0,425	0,419	0,414	0,408	0,402	0,397	0,391	0,386
83	0,386	0,380	0,375	0,369	0,363	0,358	0,352	0,347	0,341	0,336	0,330
84	0,330	0,325	0,319	0,314	0,308	0,302	0,297	0,291	0,286	0,280	0,275
85	0,275	0,269	0,264	0,258	0,253	0,247	0,242	0,236	0,231	0,225	0,220
86	0,220	0,214	0,209	0,203	0,198	0,192	0,187	0,181	0,176	0,170	0,165
87	0,165	0,159	0,154	0,148	0,143	0,137	0,132	0,126	0,121	0,115	0,110
88	0,110	0,104	0,099	0,093	0,088	0,082	0,077	0,071	0,066	0,060	0,055
89	0,055	0,049	0,044	0,038	0,033	0,027	0,022	0,016	0,011	0,005	0,000

Ejemplo 3.°.—Paso de una hélice de 175 mm. de diámetro medio, y un ángulo de la hélice β = 15° 16'. Por no estar el ángulo β contenido exactamente en la Tabla, se interpolará linealmente.

Para una hélice de 175 mm. de d_m y β = 15° 18', p = 11,563 × 175 = 2023,52 mm.

Para una hélice de 175 mm. de d_m y β = 15° 12', p = 11,484 × 175 = 2009,70 mm. 15° 12'

Diferencias 6' 13,82 mm. 4'

$$\frac{13{,}82}{6} \times 4 = 9{,}21 \text{ mm.};\ 2023{,}52 - 9{,}21 = 2014{,}35 \text{ mm., paso de la hélice de } 15°\ 16'$$

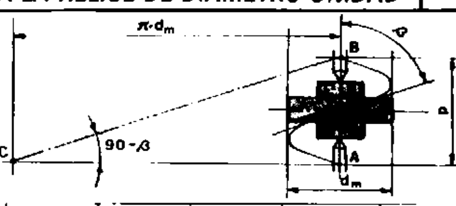
NOTA.—El valor exacto del paso es de 2014,26 mm., sensiblemente igual al calculado.

Aparatos divisores	**ÁNGULO DE LA HÉLICE EN FUNCIÓN DEL PASO** **VALORES PARA LA HÉLICE DE DIÁMETRO UNIDAD**	**TABLA 19 . 10**

$p = \pi \cdot d_m \cdot \text{cotg}\ \beta = \dfrac{\pi \cdot d_m}{\text{tg}\ \beta}$

Para $d_m = 1$:

$\text{cotg}\ \beta = \dfrac{p}{\pi}$; $\text{tg}\ \beta = \dfrac{\pi}{p}$



$\frac{p}{d_m}$	β	$\frac{p}{d_m}$	β	$\frac{p}{d_m}$	β	$\frac{p}{d_m}$	Valor del ángulo β	$\frac{p}{d_m}$	Valor del ángulo β
0,01	89° 49′	0,46	81° 40′	1,75	60° 54′	3,85	39° 14′	12,50	14° 7′
0,02	89° 38′	0,48	81° 19′	1,80	60° 13′	3,90	38° 53′	13,00	13° 38′
0,03	82° 27′	0,50	80° 58′	1,85	59° 32′	3,95	38° 31′	13,50	13° 8′
0,04	89° 16′	0,52	80° 36′	1,90	58° 52′	4,00	38° 10′	14,00	12° 39′
0,05	89° 5′	0,54	80° 14′	1,95	58° 11′	4,05	37° 48′	14,50	12° 13′
0,06	88° 54′	0,56	79° 53′	2,00	57° 31′	4,10	37° 28′	15,00	11° 50′
0,07	88° 43′	0,58	79° 32′	2,05	56° 53′	4,15	37° 7′	15,50	11° 27′
0,08	88° 32′	0,60	79° 11′	2,10	56° 15′	4,20	36° 48′	16,00	11° 6′
0,09	88° 21′	0,62	78° 50′	2,15	55° 37′	4,25	36° 27′	16,50	10° 46′
0,10	88° 11′	0,64	78° 29′	2,20	55° 0′	4,30	36° 8′	17,00	10° 28′
0,11	88° 0′	0,66	78° 8′	2,25	54° 24′	4,40	35° 30′	17,50	10° 5′
0,12	87° 49′	0,68	77° 47′	2,30	53° 48′	4,60	34° 19′	18,00	9° 54′
0,13	87° 38′	0,70	77° 26′	2,35	53° 12′	4,80	33° 12′	19,00	9° 23′
0,14	87° 27′	0,72	77° 5′	2,40	52° 37′	5,00	32° 8′	20,00	8° 56′
0,15	87° 16′	0,74	76° 44′	2,45	52° 3′	5,25	30° 54′	22,50	8° 0′
0,16	87° 5′	0,76	76° 23′	2,50	51° 30′	5,50	29° 44′	25,00	7° 10′
0,17	86° 54′	0,78	75° 3′	2,55	50° 56′	5,75	28° 40′	27,50	6° 33′
0,18	86° 43′	0,80	75° 43′	2,60	50° 23′	6,00	27° 38′	30,00	5° 59′
0,19	86° 32′	0,82	75° 22′	2,65	49° 52′	6,25	26° 41′	32,50	5° 32′
0,20	86° 21′	0,84	75° 1′	2,70	49° 22′	6,50	25° 49′	35,00	5° 7′
0,21	86° 11′	0,86	74° 40′	2,75	48° 39′	6,75	25° 0′	37,50	4° 47′
0,22	86° 0′	0,88	74° 20′	2,80	48° 16′	7,00	24° 10′	40,00	4° 29′
0,23	85° 49′	0,90	74° 0′	2,85	47° 47′	7,25	23° 26′	45,00	4° 0′
0,24	85° 38′	0,92	73° 40′	2,90	47° 17′	7,50	22° 44′	50,00	3° 36′
0,25	85° 27′	0,94	73° 20′	2,95	46° 48′	7,75	22° 4′	55,00	3° 17′
0,26	85° 16′	0,96	73° 0′	3,00	46° 19′	8,00	21° 26′	60,00	3° 0′
0,27	85° 5′	0,98	72° 40′	3,05	45° 50′	8,25	20° 51′	70,00	2° 34′
0,28	84° 54′	1,00	72° 21′	3,10	45° 23′	8,50	20° 17′	80,00	2° 15′
0,29	84° 43′	1,05	71° 32′	3,15	44° 56′	8,75	19° 45′	90,00	2° 0′
0,30	84° 32′	1,10	70° 43′	3,20	44° 28′	9,00	19° 15′	100,00	1° 48′
0,31	84° 21′	1,15	69° 55′	3,25	44° 0′	9,25	18° 47′	110,00	1° 39′
0,32	84° 10′	1,20	69° 8′	3,30	43° 36′	9,50	18° 20′	120,00	1° 30′
0,33	84° 0′	1,25	68° 20′	3,35	43° 10′	9,75	17° 53′	130,00	1° 23′
0,34	83° 49′	1,30	67° 32′	3,40	42° 44′	10,00	17° 27′	140,00	1° 17′
0,35	83° 38′	1,35	66° 46′	3,45	42° 20′	10,25	17° 2′	150,00	1° 12′
0,36	83° 27′	1,40	66° 0′	3,50	41° 57′	10,50	16° 39′	160,00	1° 7′
0,37	83° 16′	1,45	65° 15′	3,55	41° 32′	10,75	16° 16′	170,00	1° 3′
0,38	83° 5′	1,50	64° 30′	3,60	41° 7′	11,00	15° 55′	180,00	1° 0′
0,39	82° 54′	1,55	63° 45′	3,65	40° 44′	11,25	15° 36′	190,00	0° 57′
0,40	82° 43′	1,60	63° 0′	3,70	40° 21′	11,50	15° 17′	200,00	0° 54′
0,42	82° 22′	1,65	62° 18′	3,75	39° 58′	11,75	14° 58′		
0,44	82° 2′	1,70	61° 36′	3,80	39° 35′	12,00	14° 40′		

Aplicación

Ejemplo 1.°.— Cálculo del ángulo de una hélice de 300 mm. de paso y 100 mm. de diámetro medio:

$\dfrac{p}{d_m} = \dfrac{300}{100} = 3$; en la Tabla para $p/d_m = 3$, $\beta = 46°\ 19'$ (Exactamente, $\beta = 46°\ 19'\ 14{,}5''$)

Ejemplo 2.°.— Cálculo del ángulo de una hélice de 400 mm. de paso y 175 mm. de diámetro medio.

$\dfrac{p}{d_m} = \dfrac{400}{175} = 2{,}29$ valor comprendido entre 2,25 para $\beta = 54°\ 24'$, y 2,30 para $\beta = 53°\ 48'$

Interpolando linealmente $\beta = 54°\ 24' - \dfrac{36 \times 4}{5} = 54°\ 24' - 29' = 53°\ 55'$

Exactamente, $\beta = 53°\ 57'\ 42''$.

FRESADO HELICOIDAL
DISPOSICIÓN DEL APARATO DIVISOR

Paso de la fresadora

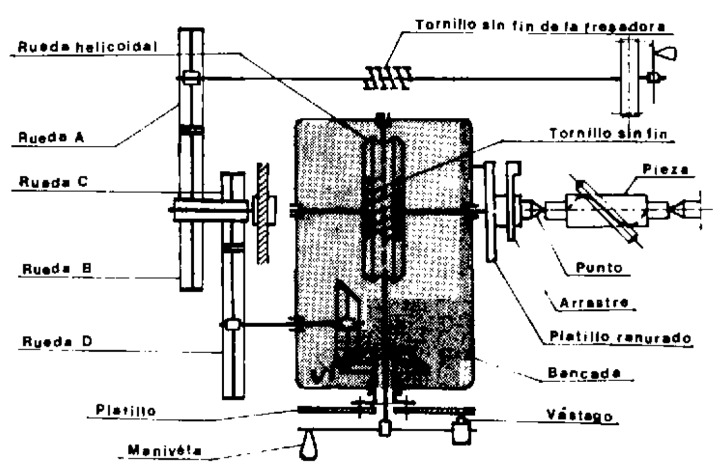
El paso real de la fresadora es igual a la relación de división del aparato divisor, generalmente i = 40/1, multiplicado por el paso p_h del husillo de la fresadora, que normalmente es de 5, 6, 6,35 mm. (1/4 de pulgada), y 8 mm.; por ejemplo, en una fresadora equipada con un divisor universal de i = 40/1, su paso real es:

Husillo de la fresadora de 5 mm. de paso, paso real $p_r = 5 \times 40 = 200$ mm.
Husillo de la fresadora de 6 mm. de paso, paso real $p_r = 6 \times 40 = 240$ mm.
Husillo de la fresadora de 6,35 mm. de paso, paso real $P_r = 6{,}35 \times 40 = 254$ mm. (10 pulgadas).
Husillo de la fresadora de 8 mm. de paso, paso real $p_r = 8 \times 40 = 320$ mm.

Disposición del aparato divisor

El fresado helicoidal se efectúa por medio de un aparato divisor universal, conjugando la rotación del husillo de avance de la mesa portapiezas de la fresadora con el árbol del husillo del divisor, montando entre ambos un tren de engranajes para poder efectuar la sincronización del movimiento de ambos.

FRESADO HELICOIDAL CON DIVISOR UNIVERSAL



Disposición del tren de engranajes

El cálculo de las ruedas del tren de engranajes se efectuará teniendo en cuenta que la relación entre ruedas conducidas y conductoras, es:

$$r = \frac{\text{Paso de la hélice}}{\text{Paso real de la fresadora}} = \frac{p}{p_r} = \frac{\text{Número de dientes de las ruedas conducidas}}{\text{Número de dientes de las ruedas conductoras}} = \frac{B \cdot D}{A \cdot C}$$

Ejemplo.—Cálculo del tren de engranajes para tallar una hélice de 100 mm. de diámetro medio y 150 mm. de paso, en una fresadora de husillo con 6 mm. de paso, equipada con un aparato divisor universal cuya relación de división es i = 40/1.

$$\frac{p_a}{p_r} = \frac{150}{6 \times 40} = \frac{150}{240}; \frac{150}{240} = \frac{15}{24} = \frac{5 \times 3}{8 \times 3} = \frac{40 \times 24}{64 \times 24} = \frac{B \cdot D}{A \cdot C}$$

Previo tanteo, los términos del quebrado 15/24 se han multiplicado por 8 después de su descomposición, para así obtener ruedas con números de dientes comprendidas en la serie o juego de ruedas dentadas disponibles con el aparato divisor.

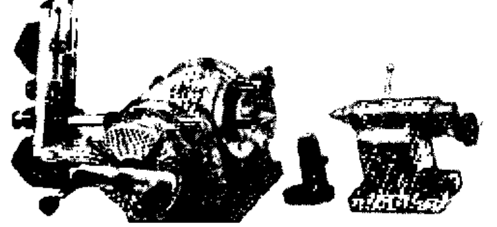
NOTA.—El montaje del tren de ruedas con cuatro es preferible al de dos. Si el sentido de rotación de la rueda helicoidal del divisor, o de la pieza, no es el adecuado para la hélice a fresar, se modificará intercalando una rueda intermedia en el tren de engranajes.

NOTA.—En las Tablas 20 a 24.10 se expone la composición del tren de engranajes para el fresado de hélices.

Aparatos divisores	TREN DE ENGRANAJES PARA EL FRESADO HELICOIDAL FRESADORA CON HUSILLO DE 5 MM DE PASO	TABLA 20 . 10

RUEDAS DENTADAS

Serie 2.ª



APLICACIÓN

Divisores: Universales

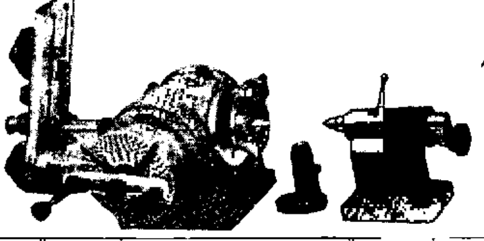
i = 40/1

Paso de la hélice p mm.	TREN DE ENGRANAJES				Paso de la hélice p mm.	TREN DE ENGRANAJES				Paso de la hélice p mm.	TREN DE ENGRANAJES			
	Fresad. A	B	C	D		Fresad. A	B	C	D		Fresad. A	B	C	D
20	72	24	80	24	150	48	32	64	72	340	24	68	80	52
25	48	24	96	24	160	24	48	80	32	350	24	56	48	36
30	40	24	96	24	170	40	32	64	68	375	32	40	48	72
35	40	28	96	24	175	24	28	48	36	400	36	—	—	72
40	40	24	72	24	180	40	24	48	72	425	24	36	48	68
45	40	36	96	24	185	28	44	68	40	450	24	38	32	48
50	40	32	96	30	190	40	32	64	76	475	24	36	48	76
55	40	44	96	24	200	32	64	72	36	500	28	40	32	56
60	40	32	64	24	205	48	40	52	64	525	24	72	64	56
65	48	52	80	24	210	40	56	48	36	550	24	44	48	72
70	48	56	80	24	215	28	52	76	44	600	24	36	32	64
75	32	36	72	24	220	40	32	64	88	625	24	30	32	80
80	40	32	48	24	225	40	80	64	36	650	24	52	48	72
85	48	68	80	24	230	36	32	68	88	675	24	36	32	72
90	40	48	64	24	235	44	56	52	48	700	24	56	48	72
95	48	76	80	24	240	32	64	80	48	750	24	40	32	72
100	48	—	—	24	245	32	28	40	56	800	24	48	36	72
105	40	36	48	28	250	36	72	64	40	850	24	48	32	68
110	40	44	48	24	260	32	64	80	52	900	24	48	32	72
115	36	44	68	32	270	32	72	80	48	950	24	48	32	76
120	40	36	48	32	280	24	56	80	48	1000	24	48	32	80
125	32	40	72	36	290	28	24	52	88	1100	24	48	32	88
130	40	52	64	32	300	36	30	40	72	1200	24	64	32	72
135	40	48	64	36	310	28	32	56	76	1300	30	78	32	80
140	40	56	48	24	320	36	32	40	72	1400	30	84	32	80
145	52	24	56	88	330	32	48	40	44	1500	24	72	32	80

Aparatos divisores	TREN DE ENGRANAJES PARA EL FRESADO HELICOIDAL FRESADORA CON HUSILLO DE 5 MM DE PASO	TABLA 21 . 10

RUEDAS DENTADAS

Dientes:
25, 26, 30, 35, 40, 45, 50
60, 70, 80, 90, 100, 120, 150



APLICACIÓN

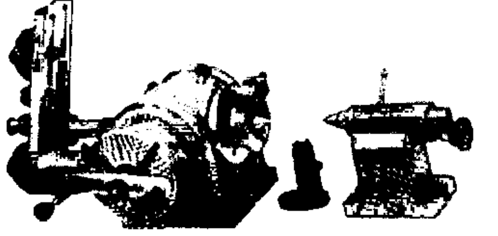
Divisores:
Universales
i = 40/1

Paso de la hélice p mm.	*TREN DE ENGRANAJES*				*Paso de la hélice p mm.*	*TREN DE ENGRANAJES*				*Paso de la hélice p mm.*	*TREN DE ENGRANAJES*			
	Fresad. A	*B*	*C*	*D*		*Fresad. A*	*B*	*C*	*D*		*Fresad. A*	*B*	*C*	*D*
18	150	30	100	45	100	150	60	80	100	400	120	80	50	150
18,5	150	25	90	50	105	120	70	100	90	420	100	70	50	150
20	150	40	120	45	112	150	70	100	120	450	60	150	100	90
21	150	45	100	35	120	120	80	100	90	480	100	80	50	150
25	150	25	120	90	125	120	60	80	100	500	80	100	60	120
30	150	45	120	60	128	150	80	100	120	576	150	90	25	120
35	150	45	120	70	140	150	120	80	70	600	100	90	45	150
36	150	60	100	45	144	150	45	50	120	625	60	100	80	150
40	150	40	120	90	148	120	80	90	100	640	100	80	30	120
42	150	90	100	35	150	100	50	80	120	675	80	90	50	150
48	150	45	100	80	160	150	60	50	100	700	60	70	50	150
50	150	90	120	50	175	150	90	80	120	720	100	120	50	150
52,5	150	35	80	90	180	150	90	80	120	750	80	120	60	150
56	150	60	100	70	192	150	60	50	120	800	60	80	50	150
60	150	40	80	90	200	120	40	50	150	900	50	90	60	150
62,5	80	70	70	25	225	80	50	50	90	1000	60	100	50	150
64	100	60	100	80	240	150	100	50	90	1200	60	120	50	150
67,5	150	90	120	45	250	120	90	60	100	1250	80	100	30	150
70	150	60	80	70	256	150	80	50	120	1440	25	120	100	150
72	150	60	100	90	270	100	90	80	120	1500	40	100	50	150
74	150	50	90	100	288	150	90	50	120	1600	25	120	90	150
75	150	50	80	90	300	80	45	45	120	1800	25	120	80	150
80	120	60	100	80	320	150	100	50	120	2000	60	120	30	150
84	150	70	100	90	350	40	80	80	70	2400	25	120	60	150
90	120	90	100	60	360	100	60	50	150					
96	150	60	100	120	375	120	90	60	150					

Aparatos divisores	TREN DE ENGRANAJES PARA EL FRESADO HELICOIDAL FRESADORA CON HUSILLO DE 6 MM DE PASO	TABLA 22 . 10

RUEDAS DENTADAS

Serie 2.ª



APLICACIÓN

Divisores: Universales

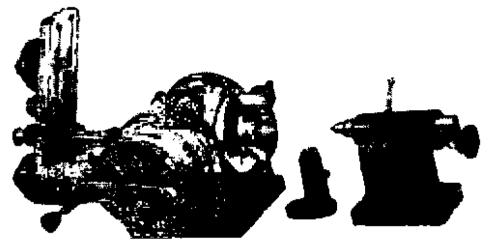
i = 40/1

Paso de la hélice p mm.	TREN DE ENGRANAJES				Paso de la hélice p mm.	TREN DE ENGRANAJES				Paso de la hélice p mm.	TREN DE ENGRANAJES			
	Fresad. A	B	C	D		Fresad. A	B	C	D		Fresad. A	B	C	D
24	96	36	90	24	144	90	72	48	36	432	80	96	48	72
28	96	36	90	28	150	96	80	64	48	448	72	96	40	56
30	96	40	80	24	160	90	80	64	48	450	64	80	48	72
32	96	48	90	24	162	96	72	40	36	480	24	96	80	40
35	96	40	80	28	168	96	56	40	48	486	80	90	40	72
36	96	36	80	32	175	96	80	64	56	500	72	90	48	80
40	96	40	80	32	180	96	80	40	36	504	64	96	40	56
42	96	48	80	28	189	80	72	64	56	512	72	96	40	64
45	96	40	80	36	192	80	96	72	48	525	72	90	32	56
48	96	64	80	24	200	96	72	36	40	540	64	96	48	72
49	96	56	80	28	210	96	72	48	56	576	80	96	36	72
50	96	40	72	36	216	96	72	40	48	600	72	90	40	80
54	96	48	80	36	224	80	64	48	56	630	64	96	32	56
56	96	56	80	32	225	96	80	64	72	640	72	96	40	80
60	96	48	72	36	240	96	80	40	48	648	64	96	40	72
63	96	56	80	36	243	80	90	40	36	672	48	96	40	56
64	96	64	80	32	250	96	90	72	80	675	74	80	40	90
70	96	56	80	40	252	96	72	40	56	720	48	90	40	64
72	96	64	80	36	256	90	72	48	64	750	96	90	24	80
75	96	48	64	40	270	40	90	96	48	768	48	96	40	64
80	96	64	80	40	280	96	80	40	56	800	36	80	64	96
81	96	72	80	36	288	96	72	40	64	810	64	96	40	90
84	96	56	80	48	300	96	90	48	64	840	64	96	24	56
90	96	72	80	40	315	80	90	48	56	864	48	96	40	72
96	96	84	80	48	320	96	86	40	64	900	64	80	32	96
100	96	80	72	36	324	64	96	80	72	960	48	96	40	80
105	96	72	48	28	336	80	72	36	56	1000	36	80	48	90
108	96	72	80	48	350	96	80	32	56	1028	36	96	56	90
112	80	56	72	48	360	96	72	32	64	1080	48	96	40	90
120	96	72	48	32	375	96	90	48	80	1152	96	72	40	96
125	96	80	64	40	378	80	90	40	56	1200	36	80	40	90
126	80	56	61	48	384	48	96	80	64	1280	36	80	40	96
128	80	64	72	48	400	96	80	36	72	1350	32	90	40	80
135	96	72	64	48	405	80	90	48	72	1440	32	80	40	96
140	72	56	64	48	420	72	90	40	56	1600	24	80	48	96

Aparatos divisores	TREN DE ENGRANAJES PARA EL FRESADO HELICOIDAL FRESADORA CON HUSILLO DE 6,35 MM O 1/4" DE PASO	TABLA 23 . 10

RUEDAS DENTADAS

Serie 2.ª



APLICACIÓN

Divisores: Universales

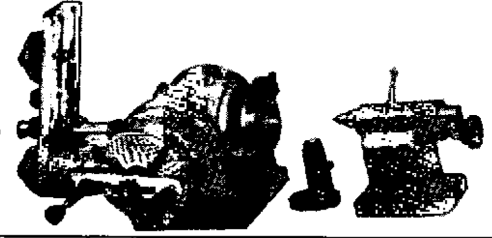
$i = 40/1$

Paso de la hélice		*TREN DE ENGRANAJES*				*Paso de la hélice*		*TREN DE ENGRANAJES*				*Paso de la hélice*		*TREN DE ENGRANAJES*			
p pulg.	*p mm.*	*Fres. A*	*B*	*C*	*D*	*p pulg.*	*p mm.*	*Fres. A*	*B*	*C*	*D*	*p pulg.*	*p mm.*	*Fres. A*	*B*	*C*	*D*
1 1/4	31,75	72	24	64	24	12	304,80	40	24	24	48	32	812,80	40	56	28	64
1 1/2	38,10	100	40	64	24	12 1/4	311,15	40	28	32	56	32 1/4	819,15	40	72	48	86
1 3/4	44,45	100	40	64	28	12 1/2	317,50	32	24	24	40	33	838,20	40	44	24	72
1 1/8	47,62	64	24	48	24	13 1/2	342,90	40	24	32	72	33,51	851,06	44	48	28	86
2	50,80	72	24	40	24	13 3/4	349,25	32	24	24	44	34,09	865,90	44	72	48	100
2 1/4	57,15	64	24	40	24	14	355,60	40	24	24	56	35	889,00	48	56	24	72
2 1/2	63,50	56	28	48	24	15	381,00	32	24	24	48	36	914,40	40	64	32	72
2 3/4	69.85	100	44	64	40	15 3/4	400.05	40	28	32	72	37,04	940,74	72	64	24	100
3	76,20	56	28	40	24	16	406,40	40	24	24	64	37 1/2	952,50	40	72	48	100
3 1/2	88.90	100	56	64	40	16 1/2	419,10	48	44	40	72	38,1	967,62	28	40	24	64
3 3/4	95,25	48	24	32	24	16 7/8	427,36	64	48	32	72	39.09	992,91	44	64	32	86
4	101,60	48	32	40	24	17,04	432,95	44	24	32	100	40	1016,00	48	64	24	72
4 1/2	114,30	100	40	64	72	17 1/2	444,50	32	24	24	56	41,14	1046,03	40	64	28	72
5	127,00	56	28	24	24	18	457,20	40	24	24	72	42	1066,80	40	56	24	72
5 1/4	133,35	40	28	32	24	18 3/4	476,25	40	24	32	100	43	1092,20	40	64	32	86
5 1/2	139,70	48	24	40	44	19 1/4	488,95	40	44	32	56	43,98	1117,02	44	72	32	86
6	152,4	56	28	40	48	20	508.00	48	32	24	72	45	1143,00	32	56	28	72
6 3/4	171,45	64	40	24	24	21	533,40	40	48	32	56	46,07	1170,21	48	72	28	86
6 7/8	173,36	64	24	40	72	21 1/2	546,10	40	24	24	86	48	1219,20	40	64	24	72
7	177,80	40	24	24	28	22	558,80	40	44	32	64	49,11	1247,32	32	44	28	100
7 1/2	190,50	64	24	24	48	22 1/2	571,50	64	48	24	72	50	1270,00	40	56	28	100
7 7/8	198,76	64	28	40	72	24	609,60	48	72	40	64	51,14	1298,86	44	72	32	100
8	203,50	100	40	32	64	25	635,00	48	40	24	72	52,12	1323,88	44	64	24	88
8 1/4	209,55	40	24	32	44	27	685,80	40	48	32	72	53,03	1346,97	44	56	24	100
8 3/4	222,25	32	24	24	28	27 1/2	698,50	28	44	32	56	55	1397,00	24	44	24	72
9	228,60	40	24	32	48	28	711,20	48	86	64	100	55,99	1422,14	64	86	24	188
10	254,00	48	24	28	56	29,09	738,91	44	48	24	64	56 1/4	1428,75	40	72	32	188
10 1/2	266,70	40	24	32	56	30	762,00	32	48	28	56	57,14	1451,43	40	64	28	100
10 3/4	273,06	48	24	40	86	31,01	787,60	86	64	24	100	60	1524,00	32	64	24	72
11	279,40	40	24	24	44	31 1/2	800,10	40	56	32	72	70	1778,00	24	56	24	72
11 1/4	285,75	64	24	24	72	31 3/4	806,35	28	64	72	100	75	1905,00	44	72	24	100

Aparatos divisores	TREN DE ENGRANAJES PARA EL FRESADO HELICOIDAL FRESADORA CON HUSILLO DE 8 MM DE PASO	TABLA 24 . 10

RUEDAS DENTADAS

Dientes:
25, 25, 30, 35, 40, 45, 50
60, 70, 80, 90, 100, 120, 150



APLICACIÓN

Divisores:
Universales
$i = 80/1$

Paso de la hélice p mm.	TREN DE ENGRANAJES				Paso de la hélice p mm.	TREN DE ENGRANAJES			
	Fresad. A	B	C	D		Fresad. A	B	C	D
32	150	40	120	45	480	100	45	45	150
40	150	25	120	90	500	120	150	80	100
42	150	35	80	45	512	150	100	50	120
48	150	45	120	60	540	100	90	80	150
56	150	45	120	70	560	40	80	80	70
64	150	40	120	90	576	100	60	50	150
80	150	90	120	50	600	120	90	60	150
84	150	35	80	90	640	120	80	50	150
96	150	40	80	90	672	100	70	50	150
100	80	70	70	25	700	120	70	40	150
108	100	90	120	45	720	60	150	100	90
112	150	60	80	70	768	100	80	50	150
120	150	50	80	90	800	80	100	60	120
128	120	60	100	80	960	100	90	45	150
140	80	70	70	35	1000	60	100	80	150
144	120	90	100	60	1024	100	80	30	120
160	150	60	80	100	1080	80	90	50	150
168	120	70	100	90	1120	120	70	25	150
192	120	80	100	90	1152	100	120	50	150
200	120	60	80	100	1200	80	120	60	150
224	150	120	80	70	1280	60	80	50	150
240	120	40	40	90	1440	50	90	60	150
256	150	60	50	100	1500	40	100	80	150
280	80	60	60	70	1600	60	100	50	150
288	150	90	80	120	1920	60	120	50	150
300	120	90	80	100	2000	80	100	30	150
320	120	40	50	150	2304	25	120	100	150
360	100	60	80	150	2400	40	100	50	150
384	150	100	50	90	2560	25	120	90	150
400	120	90	60	100	2880	25	120	80	150
420	100	70	80	150	3200	60	120	30	150
432	100	90	80	120	3840	25	120	60	150

Métodos para tallado sobre piezas planas y rectas

Para el tallado de reglas y de cremalleras sobre una pieza rectilínea con las máquinas fresadoras, se emplean dos métodos, el primero consiste en hacer avanzar a la mesa de la fresadora el paso establecido para una división por medio de un platillo o disco graduado periféricamente, y el segundo método consiste en lograr aquel paso por medio de un dispositivo especial accionado por un tren de engranajes; en ambos métodos se actúa sobre el husillo de avance de la mesa fresadora.

Disco graduado

Colocando en el árbol del husillo de avance de la fresadora un disco dividido en cierto número de partes iguales, generalmente 250, y siendo p_h el paso del husillo, cada división del disco representa un paso o avance de la mesa igual a $p_h/250$. Como el paso p_h de las máquinas fresadoras suele ser de 5, 6, 6, 35 (1/4 de pulgada), y 8 mm., cada división del disco representa un avance de la mesa, de:

$p_m = \frac{5}{250} = 0{,}02$ mm. en las fresadoras de 5 mm. de paso

$p_m = \frac{6}{250} = 0{,}024$ mm. en las fresadoras de 6 mm. de paso

$p_m = \frac{6{,}35}{250} = 0{,}0254$ mm. en las fresadoras de 6,35 mm. de paso

$p_m = \frac{8}{250} = 0{,}32$ mm. en las fresadoras de 8 mm. de paso

Ejemplo 1.°.—Cálculo del número de divisiones para una vance o paso de 1 mm.

$n = \frac{1}{0{,}02} = 50$ divisiones de disco en la fresadora de 5 mm. de paso (p_h)

$n = \frac{1}{0{,}024} = 41{,}67$ divisiones de disco en la fresadora de 6 mm. de paso

$n = \frac{1}{0{,}0254} = 39{,}37$ divisiones de disco en la fresadora de 6,35 mm. de paso

$n = \frac{1}{0{,}032} = 31{,}25$ divisiones de disco en la fresadora de 8 mm. de paso

Las fracciones 0,67, 0,37 y 0,25 se apreciarán con suficiente precisión utilizando un disco con nomio para la lectura de divisiones.

Para evitar que se sumen errores de apreciación, es conveniente que en lugar de acumular, por suma, divisiones con decimales, por ejemplo, en lugar de 41, 67 + 41, 67 + 41, 67, ... hacer 41, 67, 2/0,024 = 83, 33, 3/0,024 = 125,... y al completar las divisiones del disco, empezar nuevamente de 0 (cero).

Ejemplo 2.°.—Tallado de una cremallera del módulo 2.

El número de divisiones de disco para cada paso es $n = \frac{\pi \cdot m}{p_d}$

$n = \frac{\pi \times 2}{0{,}02} = 314{,}16$ divisiones = 1 vuelta de disco y 64,16 divisiones, en la fresadora de 5 mm.

$n = \frac{\pi \times 2}{0{,}024} = 261{,}80$ divisiones = 1 vuelta de disco y 11,8 divisiones, en la fresadora de 6 mm.

$n = \frac{\pi \times 2}{0{,}0254} = 247{,}37$ divisiones de disco (0 vueltas), en la fresadora con husillo de 6,35 mm. de paso

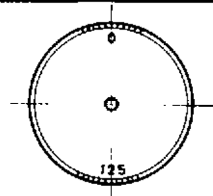
$n = \frac{\pi \times 2}{0{,}032} = 196{,}35$ divisiones de disco (0 vueltas), en la fresadora de 8 mm. de paso

Fijada la pieza recta para la cremallera, se tallará el hueco del diente para después desplazar la mesa en el paso correspondiente para tallar el segundo hueco (primer diente) y así sucesivamente; como en el primer ejemplo es conveniente tomar:

$\frac{\pi \times 2}{p_d}, \frac{2 \times \pi \times 2}{p_d}, \frac{3 \times \pi \times 2}{p_d}$,... divisiones de disco para evitar que se acumulen errores de apreciacion.

En la Tabla 25.10 se expone el paso lineal, y el número de vueltas del disco más las divisiones éste, para el tallado de cremalleras de los módulos 1 a 20 (normalizados).

Aparatos divisores	*DIVISIÓN DE PASO RECTILÍNEO* *DISCO GRADUADO PARA EL TALLADO DE REGLAS Y CREMALLERAS*	TABLA 25 . 10



PERFIL DEL DIENTE		PASO DEL HUSILLO DE LA FRESADORA							
		5 mm.		6 mm.		6,35 mm = ¼ pulg.		8 mm.	
		MOVIMIENTO DEL DISCO							
Módulo m	Paso lineal mm.	Núm. de vueltas n	Paso de divisiones p_d	Núm. de vueltas n	Paso de divisiones p_d	Núm. de vueltas n	Paso de divisiones p_d	Núm. de vueltas n	Paso de divisiones p_d
1	3,142	0	157,08	0	130,90	0	123,68	0	98,17
1,25	3,927	0	196,35	0	163,62	0	154,65	0	122,72
1,5	4,712	0	235,62	0	196,35	0	183,53	0	147,26
1,75	5,498	1	24,89	0	229,07	0	216,45	0	171,81
2	6,283	1	64,16	1	11,80	0	247,37	0	196,35
2,25	7,069	1	103,43	1	44,52	1	28,29	0	220,89
2,5	7,854	1	142,70	1	77,25	1	59,21	0	245,44
2,75	8,639	1	181,97	1	109,97	1	90,13	1	19,98
3	9,425	1	221,23	1	142,70	1	121,05	1	44,52
3,25	10,210	2	10,51	1	175,42	1	151,98	1	69,07
3,5	10,996	2	49,78	1	208,15	1	182,90	1	93,61
3,75	11,781	2	89,05	1	240,87	1	213,82	1	117,16
4	12,566	2	128,32	2	23,60	1	244,74	1	142,70
4,5	14,137	2	206,86	2	89,05	2	56,58	1	191,79
5	15,708	3	35,40	2	154,50	2	118,42	1	240,87
5,5	17,279	3	113,94	2	219,95	2	180,27	2	39,96
6	18,850	3	193,48	3	35,40	2	242,11	2	89,05
6,5	20,420	4	21,02	3	100,85	3	53,95	2	138,14
7	21,991	4	99,56	3	166,30	3	115,79	2	187,22
8	25,132	5	6,64	4	47,20	3	239,48	3	35,40
9	28,274	5	163,72	4	178,10	4	113,16	3	133,57
10	31,416	6	70,80	5	59,00	4	236,85	3	231,75
11	34,558	6	227,88	5	189,90	5	110,53	4	79,92
12	37,699	7	134,96	6	70,80	5	234,22	4	178,10
13	40,841	8	42,04	6	201,70	6	107,90	5	26,27
14	43,982	8	199,11	7	82,60	6	231,58	5	124,45
15	47,124	9	106,19	7	213,50	7	105,27	5	222,62
16	50,265	10	13,27	8	94,40	7	228,96	6	70,80
17	53,407	10	170,35	8	225,29	8	102,64	6	168,97
18	56,549	11	77,43	9	106,20	8	226,33	7	17,15
19	59,690	11	234,51	9	237,09	9	100,01	7	115,32
20	62,832	12	141,59	10	117,99	9	223,69	7	213,50

DIVISIÓN DE PASO RECTILÍNEO
APARATO DIVISOR PARA EL TALLADO DE REGLAS Y CREMALLERAS

Disposición del aparato divisor

El aparato divisor de paso rectilíneo para el tallado de reglas y de cremalleras se compone de un armazón para soporte de un tren de engranajes, que se monta en el extremo de la mesa portapiezas de las fresadoras; la primera rueda, A, del tren de engranajes está unida a un platillo con manivela, con el que se efectúa el avance de la mesa, que se consigue por estar montada la última rueda, D, del tren en el árbol del husillo de avance de aquella mesa. El paso o avance p de la mesa, correspondiente a cada división, se realiza mediante una o dos vueltas del platillo, que se inmoviliza después de realizado el paso mediante un dispositivo de enclavamiento.

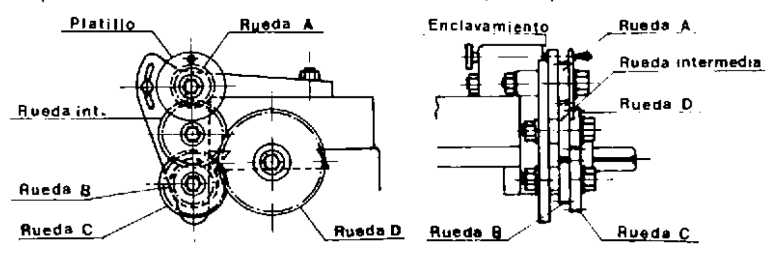
La relación para el avance de la mesa, es:

$$r = \frac{\text{paso de división}}{\text{paso de husillo de la fresadora}} = \frac{p}{p_h} = \frac{\text{ruedas conductoras (A} \cdot \text{C)}}{\text{ruedas conducidas (B} \cdot \text{D)}}$$

Para el fresado de cremalleras, se hace:

$$\text{Módulo, } \frac{m \cdot \pi}{p_h \cdot n} = \frac{A \cdot C}{B \cdot D}\text{ ; paso circular, } \frac{p_c}{p_h \cdot n} = \frac{A \cdot C}{B \cdot D},$$

siendo
- m El módulo
- p_c El paso circular
- n El número de vueltas del platillo del divisor (para el paso de división)



Aplicación

Ejemplo 1.°. — Cálculo del tren de engranajes para realizar divisiones de 1 mm. de paso, en una fresadora con husillo de avance de la mesa de 5 mm. de paso (p_h).

$$\frac{p}{p_h} = \frac{1}{5}\text{ ; } \frac{1}{5} \times \frac{960}{960} = \frac{960}{4800} = \frac{30 \times 32}{48 \times 100} = \frac{A \cdot C}{B \cdot D}$$

Ejemplo 2.°. — Tallado de una cremallera del módulo 2 en una fresadora con husillo de 5 mm. de paso (p_h). El avance se hará con una vuelta del platillo (rueda A).

Para el cálculo, en lugar de π (= 3,14159...) se toma 22/7 (= 3,14285...).

$$\frac{p}{p_h} = \frac{\frac{22}{7} \times 2}{5} = \frac{22 \times 2}{7 \times 5} = \frac{44}{35} = \frac{44 \times 32}{28 \times 40} = \frac{A \cdot C}{B \cdot D} \text{ (= 1,25714)}$$

El error o diferencia de paso por tomar 22/7 en lugar de π, es:

$1{,}25714 \times 5 - 2 \times \pi = 6{,}2857 - 6{,}2833 = 0{,}0025$ mm. en cada paso de la cremallera.

Las ruedas dentadas utilizadas en los ejemplos corresponden a las series 2.ª y 1.ª respectivamente.

Ejemplo 3.°. — Tallado de la cremallera módulo 2 en la misma fresadora de 5 mm. de paso, pero utilizando ruedas dentadas de las que se especifican en las Tablas que siguen. Avance en dos vueltas.

$$\frac{p}{2 \times p_h} = \frac{2 \times \pi}{2 \times 5} = \frac{22 \times 2}{7 \times 2 \times 5} = \frac{24 \times 55}{60 \times 25} = \frac{A \cdot C}{B \cdot D} \text{ (= 0,62857)}$$

El error o diferencia de paso resulta:

$0{,}62857 \times 2 \times 5 - 2 \times \pi = 6{,}2857 - 6{,}2833 = 0{,}0024$ mm.

Ejemplo 4.°. — Tallado de una cremallera de paso diametral iguala 3,5 en una fresadora con husillo de 8 mm. de paso. Ruedas dentadas, las de las Tablas que siguen; avance en una vuelta.

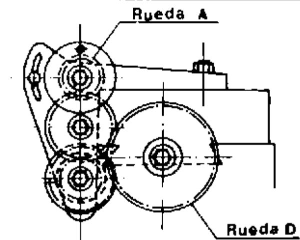
$$\frac{p_c}{1 \times p_h} = \frac{3{,}5}{8} = \frac{30 \times 70}{80 \times 60} = \frac{A \cdot C}{B \cdot D}$$

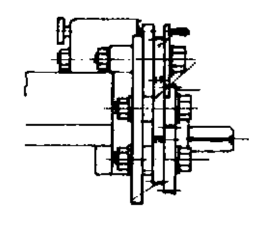
No existe diferencia de paso (porque no se ha introducido π en el cálculo).

NOTA. — En las Tablas que siguen se especifican trenes de engranajes para el tallado de cremalleras de módulo y de paso diametral, utilizando fresadoras de 5 y 8 mm. de paso del husillo de la mesa, y ruedas dentadas para el tren de engranajes especificadas en las Tablas.

Aparatos divisores	TALLADO DE REGLAS Y CREMALLERAS TREN DE ENGRANAJES EN FRESADORA DE 5 MM. DE PASO	TABLA 26 . 10

RUEDAS DENTADAS
Dientes:
28, 30, 32, 34, 35, 38
40, 42, 44, 45, 50, 55
60, 65, 70, 80, 100, 120

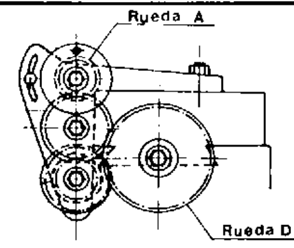


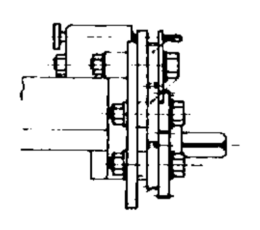


Sistema de módulo						Sistema de paso circular					
Módulo	*N.° de vueltas del platillo*	*Tren de engranajes*				*Paso circular platillo*	*N.° de vueltas del*	*Tren de ruedas*			
					Fresadora						*Fresadora*
m	*n*	*A*	*B*	*C*	*D*	p_c	*n*	*A*	*B*	*C*	*D*
0,5	1	20	40	44	70	1,5	1	30	50	35	70
0,75	1	24	32	44	70	2	1	30	50	40	60
1	1	24	30	55	70	2,5	1	30	=	=	60
1,25	1	55	=	=	70	3	1	30	=	=	50
1,5	2	24	40	55	70	3,5	1	35	=	=	50
1,75	2	20	40	55	50	4	1	40	=	=	50
2	2	24	60	55	35	4,5	1	45	=	=	50
2,25	2	45	40	22	35	5	1	30	40	60	45
2,5	2	55	=	=	70	6	1	60	=	=	50
2,75	2	22	50	55	28	7	1	70	=	=	50
3	2	30	50	55	35	8	1	40	=	=	25
3,25	2	65	40	22	35	9	1	45	=	=	25
3,5	2	55	=	=	50	10	1	50	=	=	25
3,75	2	30	40	55	35	11	1	55	=	=	25
4	2	40	50	55	35	12	1	60	=	=	25
4,25	2	44	32	34	35	13	1	65	=	=	25
4,50	2	45	50	55	35	14	1	70	=	=	25
4,75	2	38	32	44	35	15	1	60	40	50	25
5	2	55	=	=	35	16	2	40	=	=	25
5,25	2	45	40	44	30	18	2	45	=	=	25
5,5	2	44	40	55	35	20	2	50	=	=	25
6	2	60	40	44	35	22	2	55	=	=	25
6,5	2	65	40	44	35	24	2	60	=	=	25
7	2	60	30	44	40	26	2	65	=	=	25
7,5	2	60	32	44	35	28	2	70	=	=	25
8	2	60	30	44	35	30	2	60	40	50	25
8,5	2	55	25	34	28						
9	2	55	25	45	35						
9,5	2	55	20	38	35						
10	2	55	25	50	35						

Aparatos divisores	TALLADO DE REGLAS Y CREMALLERAS TREN DE ENGRANAJES EN FRESADORA DE 8 MM. DE PASO	TABLA 27 . 10

RUEDAS DENTADAS
Dientes:
28, 30, 32, 34, 35, 38
40, 42, 44, 45, 50, 55
60, 65, 70, 80, 100, 120



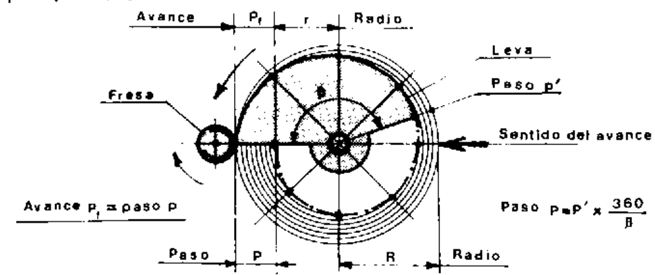


Sistema de módulo						Sistema de paso circular					
Módulo	N.º de vueltas del platillo	Tren de engranajes				platillo	N.º de vueltas del	Tren de ruedas			
m	n	A	B	C	Fresadora D		n	A	B	C	Fresadora D
0,5	1	55	70	30	120	1,5	1	30	80	50	100
0,75	1	30	70	55	80	2	1	30	=	=	120
1	1	40	70	55	80	2,5	1	30	60	50	80
1,25	1	50	70	55	80	3	1	30	=	=	80
1,5	1	60	70	55	80	3,5	1	30	80	70	60
1,75	1	55	=	=	80	4	1	40	=	=	80
2	1	55	=	=	70	4,5	1	45	=	=	80
2,25	1	45	40	55	70	5	1	50	=	=	80
2,5	1	50	40	55	70	6	1	60	=	=	80
2,75	1	55	28	44	80	7	1	70	=	=	80
3	1	60	35	55	80	8	1	80	40	30	60
3,25	1	65	35	55	80	9	1	45	=	=	40
3,5	1	70	35	55	80	10	1	50	=	=	40
3,75	1	60	32	55	70	11	1	55	=	=	40
4	1	55	30	60	70	12	1	60	=	=	40
4,25	1	55	40	34	28	13	1	65	=	=	40
4,5	1	45	40	55	35	14	1	70	=	=	40
4,75	1	55	40	38	28	15	1	60	=	=	32
5	1	50	40	55	35	16	1	80	=	=	40
5,25	1	55	40	45	30	18	2	45	=	=	40
5,5	1	55	28	44	40	20	2	50	=	=	40
6	1	60	35	55	40	22	2	55	=	=	40
6,5	1	65	35	55	40	24	2	60	=	=	40
7	1	70	35	55	40	26	2	65	=	=	40
7,5	1	60	32	55	35	28	2	70	=	=	40
8	1	55	30	60	35	30	2	60	=	=	32
8,5	2	55	40	34	28						
9	2	45	40	55	35						
9,5	2	55	40	38	28						
10	2	50	40	55	35						

TALLADO DE LEVAS

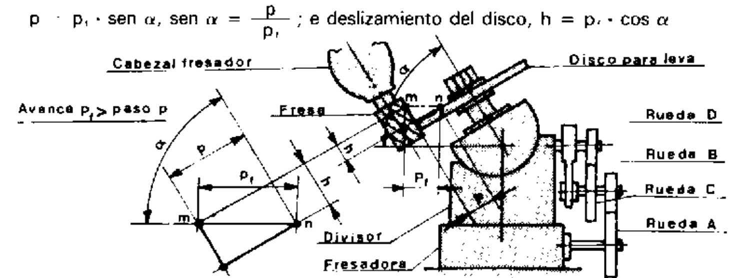
Disposición para el fresado

Para el fresado de levas de paso uniforme (según la espiral de Arquímedes), se dispondrá de un disco torneado cuyo diámetro será igual a dos veces el radio mayor R de la leva: el disco se montará centrado en el eje portapiezas del aparato divisor. La operación de fresado se efectúa fijando un paso p_f de la mesa de la máquina fresadora (según su Tabla de avances) sincronizando su desplazamiento con un giro de 360° (una vuelta) del divisor. Generalmente sólo se fresa un sector β del disco, al que corresponderá una parte p′ del paso p de la leva.



Según la disposición expuesta, el paso p de la leva será igual al p_f de avance programado para la mesa de la fresadora, y como generalmente el paso p se dispone con independencia de aquel (p_f), para conseguir el paso p previsto se inclinarán los ejes de la fresa y del divisor (paralelamente); durante el fresado, el borde del disco se desliza sobre la generatriz de la fresa, que será de longitud adecuada para el deslizamiento.

$$p = p_f \cdot \text{sen}\ \alpha,\ \text{sen}\ \alpha = \frac{p}{p_f}\ ;\ \text{e deslizamiento del disco, } h = p_f \cdot \cos \alpha$$



Para compensar la diferencia de pasos se dispondrá en el aparato divisor un tren de engranajes para el que se establece:

$$\frac{p_f}{p_h} \times i = \frac{\text{ruedas conducidas}}{\text{ruedas conductoras}} = \frac{B \cdot D}{A \cdot C}$$

La disposición o montaje del tren de engranes, es similar a la establecida para el fresado de hélices.

Aplicación

Ejemplo. – Fresado de una leva de 18 mm. de paso en un sector de 120°. Se dispone de una fresadora con husillo de avance de la mesa de 6 mm., y de un divisor con relación de división i = 40/1.

$$\text{Paso de la leva, } p = 18 \times \frac{360}{170} = 54 \text{ mm.}$$

Según la Tabla de avances de la fresadora se dispone, por próximo ap, el p_f = 60 mm.

Tren de ruedas, $\frac{p_f}{p_h} \times i = \frac{60 \times 1}{6 \times 40} = \frac{60}{240}\ ;\ \frac{60}{240} = \frac{20 \times 24}{40 \times 48} = \frac{B \cdot D}{A \cdot C}$ (ruedas de la serie 1.ª)

Angulo de inclinación

$$\text{Sen}\ \alpha = \frac{54}{60} = 0{,}9;\ \alpha = 64{,}158° = 64°\ 9'$$ (con error inferior, en menos de 30″).

El desplazamiento del disco según la generatriz, es:

$$h = 60 \cdot \cos \alpha = 60 \times 0{,}4359 = 26{,}15 \text{ mm.}$$

NOTA. – Modificando el ángulo α se pueden obtener otras espirales diferentes, seguidas en un mismo disco o en discos distintos.

SECCIÓN UNDÉCIMA

ÚTILES DE CORTE Y ABRASIVOS

ACEROS Y MATERIALES PARA HERRAMIENTAS DE CORTE

Aceros al carbono

Los aceros al carbono son aceros sin alear, cuyas propiedades están determinadas por su contenido en carbono (C), aunque contienen pequeñas cantidades de otros elementos de aleación (Si < 0,5%, Mn < 0,8%, y otros); los aceros tenaces y muy tenaces (0,65 a 0,85 de C) se emplean para matrices, estampas, herramientas de corte, etc.; los tenaces duros (1 a 1,5 de C) se utilizan para brocas, machos de roscar, fresas y los de clase muy dura para herramientas de corte de dureza elevada a velocidades normales de corte a temperaturas no superiores a 250° C por su poca resistencia a temperaturas superiores; su dureza es ≈ 65 HRc. El temple se efectúa al agua.

Los aceros al carbono ligeramente aleados contienen elementos de aleación de cierta importancia, que sirven para designarlos (aceros al cromo, al manganeso, al wolframio, al vanadio); son aptos para trabajos especiales.

Aceros rápidos

Los aceros rápidos son aceros fuertemente aleados en wolframio, como los siguientes:

C 1% – W 14% – V 1%
C 0,8% – W 18% – Cr 4% – V 1%
C 0,85% – W 6% – Cr 5% – Mo 5% – V 2%

Estos aceros conservan su dureza hasta unos 550° C por lo que pueden soportar grandes velocidades de corte. Se presentan en forma de barras laminadas de las que se obtienen herramientas de una sola pieza o plaquitas que se sueldan a mangos de acero al carbono por medio de soldadura fuerte. El temple se efectúa al aceite y al aire a temperatura de ≈ 1250° C, y el revenido a 550° C (aprox.) la dureza de estos aceros es ≈ 63 HRc.

Para cuchillas, el acero al carbono y el acero rápido se presenta en barras cilíndricas, cuadradas y rectangulares de las dimensiones siguientes:

Redondos	*Cuadrados*	*Rectangulares*
8 mm.	8×8 mm.	
10	10×10	12×8 mm.
12	12×12	16×10
16	16×16	20×12
20	20×20	25×16
25	25×25	32×20
32	32×32	50×32
40	40×40	63×40
50	50×50	

Aleaciones duras o aceros colados

Son aleaciones de colada a base de cromo-wolframio-cobalto exentas de hierro y con una proporción de carbono no superior al 0,5%, citándose como proporciones la siguiente:

Cr 33% – W 18% – Co 44% – otros, 5%,

son muy resistentes al desgaste por rozamiento aún a temperaturas elevadas; se utilizan principalmente para recargar cuchillas por medio de soldadura autógena o eléctrica, presentándose para la primera en forma de varillas, y de electrodos revestidos para la segunda. Dureza ≈ 58 HRc.

Metales duros

Los metales duros son carburos de W, Ti, Ta, Mo, V, Cr, obtenidos por conglutinación o sinterización (fritada) a altas temperaturas; son casi tan duros como el diamante; dureza ≈ 80 HRc. Se componen de:

WC + Co; WC + TiC + Co; WC 85% + TiC 10% + Co 5% (el Co como aglomerante).

Los metales duros presentan una textura muy dura y son más resistentes que los obtenidos por colada. Se presentan en forma de plaquitas o piezas perfiladas (Tablas 2.11 a 9.11) que se fijan a los mangos de acero al carbono por medio de soldadura fuerte, o bien, se unen mecánicamente a aquellos mangos por medio de pinzas. Trabajan a temperaturas de corte de hasta 800° C, a velocidades de corte seis veces superiores a los de los aceros rápidos.

Plaquitas de cerámica

Los cuerpos de cerámica para corte son compuestos de óxidos de aluminio y de cromo (Al_2O_3 + Cr_2O_3) obtenidos por conglutinación (fritada, el Cr_2O_3 como aglutinante) a 1800° C; su resistencia al calor de corte es superior a la del metal duro, trabajando normalmente a 1000° C y hasta a 1200° C, admitiendo velocidades de corte diez veces superiores a las del acero rápido; son sensibles a los choques. Dureza ≈ 80 HRc.

Diamante

El diamante conglutinado para corte obtenido a altas presiones y temperaturas, se caracteriza por su elevada resistencia a la abrasión, y se utiliza para el mecanizado de aleaciones de aluminio con alto contenido de sílice, y en el de materiales abrasivos no metálicos. Se presenta en forma de plaquitas que se fijan a los mangos metálicos por dispositivos mecánicos. Dureza ≈ 100 HRc.

El diamante puro se aplica con buen resultado para el trabajo fino, apropiado para funciones que se han de realizar a altas velocidades y temperaturas; se montan o engarzan para formar herramientas de corte.

HERRAMIENTAS DE CORTE, DE ACERO OPERACIONES PREPARATORIAS

Operaciones para preparar herramientas

Para la preparación de herramientas de corte se realizan operaciones de: troceado de barras de acero, forjado, desbastado, recocido, templado, revenido, y afilado.

Troceado

El acero para herramientas, que se suministra en barras de sección cuadrada o rectangular y redondas, se trocea en porciones o piezas apropiadas para la herramienta o cuchilla que se quiere preparar; el corte se efectuará en frío por aserrado (con refrigeración) y también por tronzado con abrasivos (en esta operación se calienta la zona de corte). Para el corte en caliente la barra es calentada al rojo cereza (unos 900° C) para después ser troceada a golpe de mazo sobre un cortador con mango, o bien, se practican entalladuras con el cortador, por las que se romperá la barra en frío; en todo caso se evitarán las grietas en las piezas.

Forjado

Se calentará la pieza cortada primero lentamente para evitar grietas de contracción, hasta alcanzar una temperatura de 800° aproximadamente (rojo cereza naciente), y después más rápidamente hasta alcanzar la temperatura de forja (amarillo anaranjado - amarillo claro) que corresponde a 1050° - 1150°; el calentamiento debe alcanzar a una longitud de pieza superior a la que se ha de forjar. El forjado se realizará rápidamente y si es posible en una sola operación sin que la temperatura baje de los 800 - 900° (rojo cereza) para evitar la formación de grietas; si el forjado no se ha concluido, se calentará nuevamente la pieza.

Terminada la operación de forja, se dejará la pieza al abrigo del aire para que se enfríe lentamente.

Desbarbado

Mediante la acción de una máquina con abrasivo (piedra esmeril) se dará a la pieza o cuchilla la forma definitiva, incluso el filo; esta operación puede realizarse después del forjado, antes de que la pieza se haya enfriado.

Recocido

Preparada la pieza, para eliminar la acritud y tensiones internas, es conveniente proceder al recocido para conseguir la normalización de su estructura; para esta operación se calienta la herramienta hasta que alcance una temperatura de unos 850° a 950° (rojo cereza), y después, envuelta en arena seca, carbón vegetal o coque fino, y cenizas, quedará dentro de una caja que se cierra herméticamente. El enfriamiento se efectuará lentamente durante 12 a 14 horas, según el espesor de la herramienta.

Templado

El temple es una operación que debe realizarse con gran delicadeza y a la temperatura más baja que el acero correspondiente la admita; la herramienta se calentará en atmósfera neutra, lentamente para que toda ella adquiera el mismo calor, hasta los 850° (rojo cereza), y después rápidamente hasta la temperatura de temple propia del acero tratado (que será menor a mayor contenido en carbono), y seguidamente, con rapidez, se someterá la herramienta a la acción del fluido refrigerante moviéndola suavemente dentro de él (evitando toda deformación), y cuando la temperatura se ha acomodado a la del refrigerante se dejará que se enfríe totalmente en un lugar seco y al abrigo del aire. Para el temple la pieza o herramienta puede calentarse uniformemente en baños líquidos adecuados.

Revenido

El revenido se efectúa para eliminar posibles tensiones en la estructura molecular del acero de la herramienta de corte, consiguiendo su dureza uniforme; la herramienta es calentada hasta los 500° a 600°, para enfriarla rápidamente y después dejarla en un lugar seco y fuera de la acción del aire hasta su total enfriamiento. Con esta operación se consigue reducir la fragilidad.

Afilado

La herramienta ya preparada se afilará con muela abrasiva de grano fino, presionando levemente y con abundante refrigeración para evitar el calentamiento del filo cortante.

HERRAMIENTAS DE CORTE DE ACERO
TEMPERATURAS Y MEDIOS PARA EL TEMPLE

Temperaturas del acero según su tonalidad por calentamiento

Los aceros toman diversas tonalidades, acordes con su temperatura; se considera:

a) Calentamiento para forjado, recocido y temple

Rojo sombra naciente	500° C	Rojo cereza	900° C
Rojo sombra naciente avanzado	550° C	Rojo cereza claro	950° C
Rojo muy sombra	600° C	Amarillo naranja	1050° C
Rojo sombra	650° C	Amarillo claro	1150° C
Rojo sombra avanzado	700° C	Amarillo muy claro	1200° C
Rojo sombra muy avanzado	750° C	Blanco	1300° C
Rojo cereza naciente	800° C	Blanco soldante	1400° C
Rojo cereza sombra	850° C	Blanco deslumbrante	1500° C

b) Revenido

Amarillo	215° C	Añil	280° C
Amarillo paja claro	222° C	Añil claro	290° C
Amarillo paja	232° C	Añil obscuro	295° C
Ámbar	240° C	Añil muy obscuro	315° C
Anaranjado	245° C	Azul pálido	320° C
Tornasolado	255° C	Verde obscuro	330° C
Lila	265° C	Verde claro	335° C
Violeta obscuro	275° C	Gris obscuro	400° C

Baños salinos de calentamiento

Nitrato sódico	310° C	Cloruro potásico	790° C
Nitrato potásico	336° C	Cloruro sódico	810° C
Nitrato cálcico	535° C	Sulfato potásico 70% / Sulfato sódico 30%	827° C
Cianuro sódico	560° C	Carbonato sódico	850° C
Nitrato bárico	570° C	Sulfato sódico 50% / Sulfato potásico 50%	865° C
Cianuro potásico	610° C	Sulfato sódico	880° C
Cloruro sódico 30% / Cloruro potásico 70%	625° C	Cloruro bárico	955° C
Cloruro potásico 58% / Cloruro sódico 42%	667° C	Fluoruro sódico	980° C
Yoduro sódico	680° C	Sulfato potásico	1070° C
Bromuro potásico	730° C	Fluoruro cálcico	1300° C

Fluidos para temple

Son muy diversos los fluidos utilizados para el temple; para los aceros rápidos suele emplearse como refrigerante el baño de plomo, el aceite y el aire a presión. El baño de plomo a 500° — 550° tiene la ventaja de proporcionar un enfriamiento más lento, que se traduce en una menor fragilidad de la herramienta tratada.

Los fluidos comúnmente utilizados son:

a) Temple suave

Agua caliente, agua cal, agua hirviente y agua hirviente con sal marina.
Petróleo.
Aceite de colza.
Sebo.

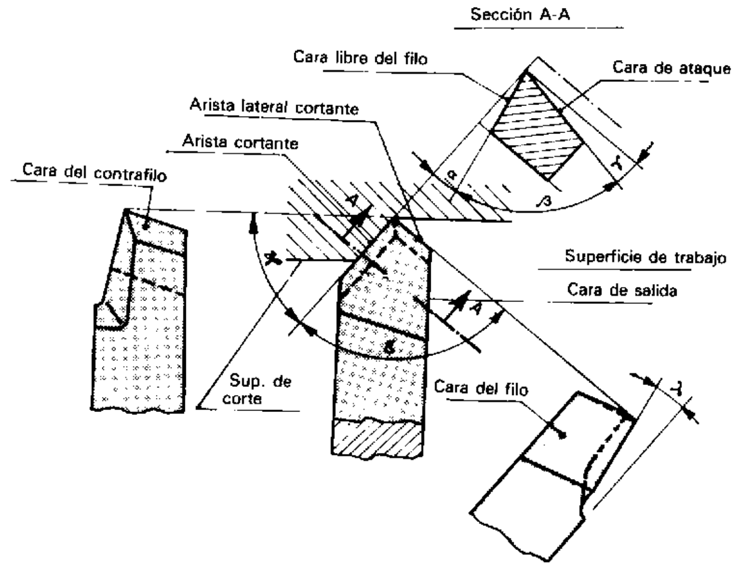
b) Temple normal

Agua destilada, a 15° — 20° (con enfriamiento rápido proporciona un temple enérgico).

c) Temple duro

Agua salada, agua acidulada (ácido sulfúrico).
Espíritu de sal (ácido clorhídrico).

Ángulos de corte



α Ángulo libre. — Necesario para evitar el contacto entre el útil y la pieza.
β Ángulo del filo. $\beta = 90° - (\alpha + \gamma)$.
γ Ángulo de salida. — Cuanto mayor más facilidad para salida de la viruta; muy grande debilita la sección del corte. En metales duros y piedras puede ser nulo o negativo.
χ Ángulo de posición. — Su importancia depende de la fuerza de penetración del útil.
ε Ángulo de la punta. — Su valor suele ser de 90°; con ángulo mayores el segundo filo puede arrancar viruta, y con menos de 90° se debilita la sección de la cuchilla.
λ Ángulo de inclinación del corte. — Un valor positivo de λ favorece la salida de la viruta, y con ángulo negativo ésta es de gran longitud arrollada. Con ángulos λ = 0 se facilitan los trabajos de precisión.

Valores de los ángulos de las cuchillas de acero rápido y de metal duro

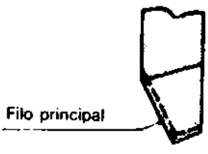
Material a tornear	Dureza tracc. kg/mm² HB	Cuchillas de... Ac. rápido α	γ	Met. duro α	γ	Material a tornear	Dureza tracc. kg/mm² HB	Cuchillas de... Ac. rápido α	γ	Met. duro α	γ
Acero suave	45 kg/mm²	6°	20°	5°	12°	Cobre	60 - 80 HB	8°	30°	8°	20°
Acero semiduro	60 kg/mm²	6°	18°	5°	10°	Latón	80 - 120 HB	8°	12°	8°	10°
Acero duro	80 kg/mm²	6°	16°	5°	8°	Bronce	100 HB	8°	12°	8°	12°
Acero duro	90 – 110	6°	10°	5°	6°	Aluminio	20 kg/mm²	10°	30°	10°	20°
Acero ligeramente aleado	150 kg/mm²	6°	8°	5°	0°	Aluminio aleado	20 – 25	10°	20°	10°	18°
Acero fundido	50 kg/mm²	6°	15°	5°	10°	Aleación de magnesio	20 kg/mm²	8°	20°	8°	18°
Acero fundido duro	50 – 80	6°	8°	5°	0°	Goma dura		12°	10°	10°	10°
Fundición gris	180 HB	6°	10°	5°	6°	Porcelana		–	–	5°	0°
Fundición dura	220 HB	6°	6°	5°	2°						

Ángulo de posición
χ 35 a 45° En máquinas potentes con pasada rígida
χ 65° a 70° Para otros trabajos
χ 90 En piezas poco rígidas.

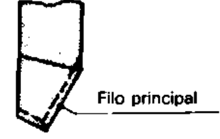
CUCHILLAS PARA TORNEADO
FORMA Y TIPO DE CUCHILLAS

Sentido de las cuchillas

Se dice que una cuchilla es de sentido a derecha, cuando dispuesta horizontalmente con la punta del filo hacia arriba y vista de frente, el filo principal queda a la derecha del observador, y de sentido a izquierda en caso contrario.



Sentido a izquierda



Sentido a derecha

Forma de las cuchillas

La cuchilla es recta, cuando dispuesta como se indica para determinar su sentido, su linea media es una recta, y cuchilla curva si la linea media es curva a derecha o izquierda; es cuchilla en forma de gancho (cuelllo de cisne) cuando observada lateralmente la línea media es una curva.

La forma de las cuchillas curvas o acodadas se obtiene por forja, calentando la barra de acero rápido, primero lentamente (hasta 400° C) y después rápidamente a la temperatura de forja (850 a 1200° C), procurando dar la forma rápidamente, si es posible en un solo calentamiento. Después de forjadas se templan, y luego se rectifican.

Las cuchillas para ranurar o tronzar tienen el filo más ancho que la parte posterior para evitar agarrotamientos; las cuchillas para roscar tienen la forma de la rosca correspondiente (triangular, cuadrada, etc.) con los ángulos de los filos del valor adecuado para evitar agarrotamientos y rozamientos.

Tipos de cuchillas



Para debastador

Acodada para desbastar

En punta para desbastar y retocar

Para desbastar interiores

Para tronzar, ranurar y afirmar

Para acabado interior

Para roscar

Para ranurado lateral

Para roscado interior

CUCHILLAS PARA TORNEADO
CUCHILLAS PARA ROSCAR

Forma de la parte activa de las cuchillas de roscar

La parte activa o de penetración de las cuchillas de roscar tendrán la misma forma que el hueco del filete según el plano axial de la rosca; si de dispone ángulo de salida (γ) en la cuchilla, las dimensiones laterales de la parte activa se aumentarán ligeramente para compensar la disminución del perfil que se produce por la inclinación de la cara de salida (ángulo α en la figura de la cuchilla para rosca triangular).

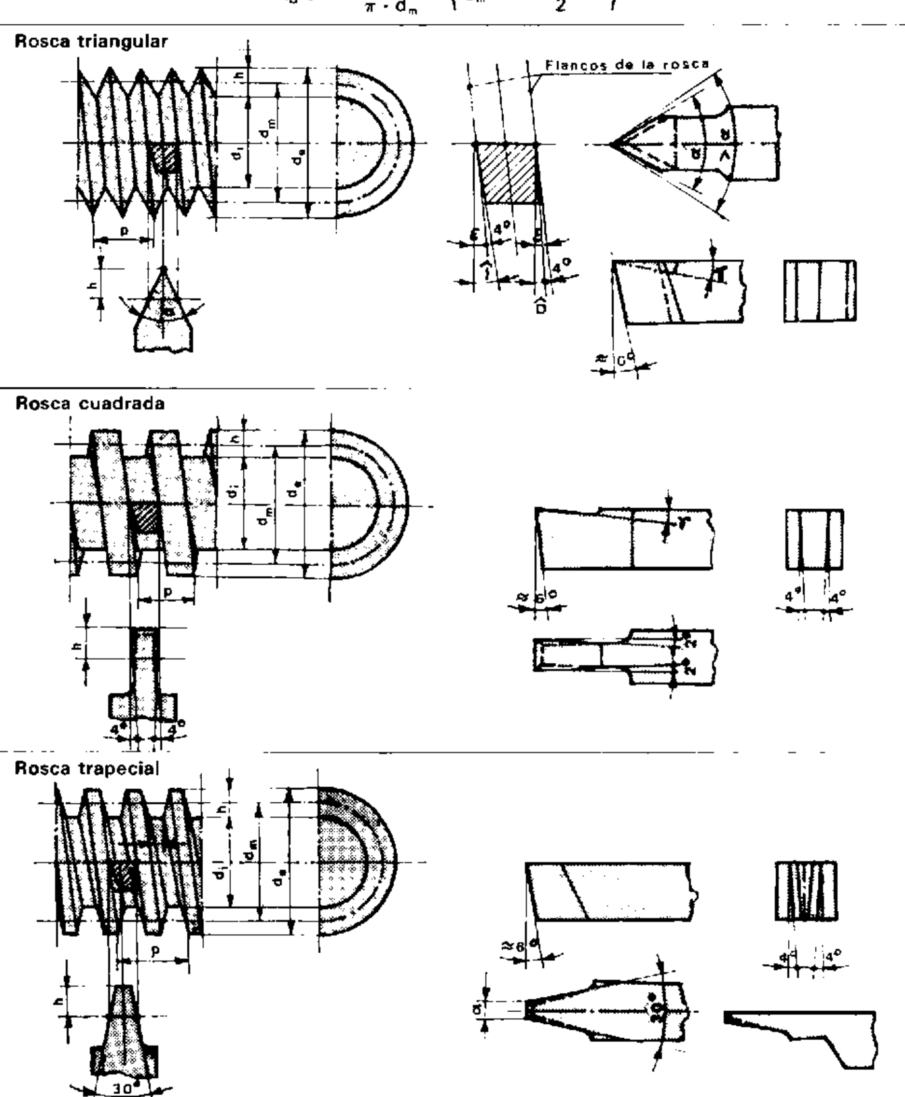
La punta del filo se situará en el plano axial de la rosca; sus caras tienen una inclinación o despulla de unos 4° con relación a los flancos de la rosca, que están inclinados según su hélice; el ángulo de la hélice está determinado por su tangente, cuyo valor es:

$$\operatorname{tg} \epsilon = \frac{\text{paso } p}{\pi \cdot d_m} \quad \left(d_m = \frac{d_e + d_i}{2} \right)$$

Rosca triangular

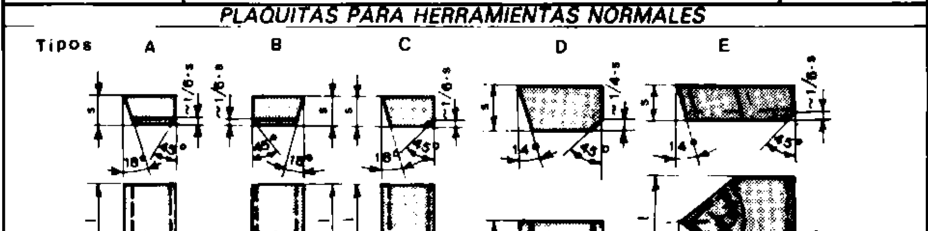
Rosca cuadrada

Rosca trapecial



PLAQUITAS DE METAL DURO NORMALIZADAS, PARA FIJACIÓN AL MANGO POR SOLDADURA

PLAQUITAS PARA HERRAMIENTAS NORMALES



TIPOS	A y B				C			D			E		
Longitudinal nominal	*l*	*t*	*s*	*r*	*l*	*t*	*s*	*l*	*t*	*s*	*l*	*t*	*s*
3	–	–	–	–	–	–	–	3,5	8	3	–	–	–
4	–	–	–	–	–	–	–	4,5	10	4	4	10	2,5
5	5	3	2	2	5	3	2	5,5	12	5	5	12	3
6	6	4	2,5	2,5	6	4	2,5	6,5	14	6	6	14	3,5
8	8	5	3	3	8	5	3	8,5	16	8	8	16	4
10	10	6	4	4	10	6	4	10,5	18	10	10	18	5
12	12	8	5	5	12	8	5	12,5	20	12	12	20	6
16	16	10	6	6	16	10	6	–	–	–	16	22	7
20	20	12	7	7	20	12	7	–	–	–	20	25	8
25	25	14	8	8	25	14	8	–	–	–	25	28	9
32	32	18	10	10	32	18	10	–	–	–	32	32	10
40	40	22	12	12	40	22	12	–	–	–	–	–	–
50	50	25	14	14	50	25	14	–	–	–	–	–	–

NOTAS. – Las plaquitas pueden tener sus aristas ligeramente redondeadas. Las señaladas con espesores s inferiores a 4 mm. se suministran sin chaflan en su base y sin el ángulo señalado con 14° y 18°. (S/UNE 16. 102-82).

PLAQUITAS PARA HERRAMIENTAS ESPECIALES

Tipos G H J

TIPOS	G				H				J		
Longitud nominal	*l*	*t*	*s*	*r*	*l*	*t*	*s*	*r*	*l*	*t*	*s*
6	6	4	2	2,5	6	4	2	2,5	6	4	2
8	8	5	2	3	8	5	2	3	8	5	2
10	10	6	2,5	4	10	6	2,5	4	10	6	2,5
12	12	8	3	5	12	8	3	5	12	8	3
16	16	10	4	6	16	10	4	6	16	10	4

NOTAS. – Las plaquitas pueden tener sus aristas ligeramente redondeadas. Las plaquitas con un espesor s inferior a 4 mm., pueden ir sin chaflán en su base y sin el ángulo de incidencia de 12°. (S/UNE 16. 120-83).

Útiles de corte

PLAQUITAS TRIANGULARES DE FIJACIÓN MECÁNICA
TIPOS TNUN – TNGN – TPUN – TNGN – TPAN – TPCN – TPKN

TABLA 3 . 11

Medidas en mm.

Clase	Designación	l	d	s	m	r_ε
U	TNUN 110304	11	6,35	3,18	9,128	0,4
	TNUN 110308	11	6,35	3,18	8,731	0,8
	TNUN 160408	16,5	9,525	4,76	13,494	0,8
	TNUN 160412	16,5	9,525	4,76	13,097	1,2
	TNUN 220412	22	12,7	4,76	17,859	1,2
	TNUN 220416	22	12,7	4,76	17,463	1,6
G	TNGN 110304	11	6,35	3,18	9,128	0,4
	TNGN 110308	11	6,35	3,18	8,731	0,8
	TNGN 160408	16,5	9,525	4,76	13,494	0,8
	TNGN 160412	16,5	9,525	4,76	13,097	1,2
	TNGN 220408	22	12,7	4,76	18,256	0,8
	TNGN 220412	22	12,7	4,76	18,256	1,2

Clase	Designación	l	d	s	m	r_ε
U	TPUN 110304	11	6,35	3,18	9,128	0,4
	TPUN 110308	11	6,35	3,18	8,731	0,8
	TPUN 160308	16,5	9,525	3,18	13,494	0,8
	TPUN 160312	16,5	9,525	3,18	13,097	1,2
	TPUN 220412	22	12,7	4,76	17,859	1,2
	TPUN 220416	22	12,7	4,76	17,463	1,6
G	TPGN 110304	11	6,35	3,18	9,128	0,4
	TPGN 110308	11	6,35	3,18	8,731	0,8
	TPGN 160308	16,5	9,525	3,18	13,494	0,8
	TPGN 160312	16,5	9,525	3,18	13,097	1,2
	TPGN 220408	22	12,7	4,76	18,256	0,8
	TPGN 220412	22	12,7	4,76	17,859	1,2

(Concuerda con UNE 16.116-83)

Clase	Designación	d	l ≈	s	b'_s ≈	m	ε_r	K_r
A	TPAN 1103 PN	6,35	11	3,175	0,7	1,72	60°	90°
	TPAN 1603 PN	9,525	16,5	3,175	1,2	2,45	60°	90°
	TPAN 2204 PN	12,7	22	4,76	1,3	3,55	60°	90°
C	TPCN 1103 PN	6,35	11	3,175	0,7	1,72	60°	90°
	TPCN 1603 PN	9,525	16,5	3,175	1,2	2,45	60°	90°
	TPCN 2204 PN	12,7	22	4,76	1,3	3,55	60°	90°
K	TPKN 1103 PN	6,35	11	3,175	0,7	1,72	60°	90°
	TPKN 1603 PN	9,525	16,5	3,175	1,2	2,45	60°	90°
	TPKN 2204 PN	12,7	22	4,76	1,3	3,55	60°	90°

Clase	Designación	d	l ≈	s	b_s ≈	m	ε_r	K_r
A	TPAN 1603 DR	9,525	16,5	3,175	1,3	2,45	60°	90°
	TPAN 2204 DR	12,7	22	4,76	1,4	3,55	60°	90°
C	TPCN 1603 DR	9,525	16,5	3,175	1,3	2,45	60°	90°
	TPCN 2204 DR	12,7	22	4,76	1,4	3,55	60°	90°
K	TPKN 1603 DR	9,525	16,5	3,175	1,3	2,45	60°	90°
	TPKN 2204 DR	12,7	22	4,76	1,4	3,55	60°	90°

(Concuerda con UNE 16.117-84)

Útiles de corte	*PLAQUITAS CUADRADAS DE FIJACIÓN MECÁNICA* *TIPOS SNUN – SNGN – SPUN – SPGN – SNAN – SNCN – SNKN – SPAN – SPCN – SPKN*	TABLA 4 . 11

Medidas en mm.

Clase	Designación	l = d	s	m	r_ϵ
U	SNUN 090304	9,525	3,18	1,808	0,4
	SNUN 090308	9,525	3,18	1,644	0,8
	SNUN 120408	12,7	4,76	2,301	0,8
	SNUN 120412	12,7	4,76	2,137	1,2
	SNUN 150412	15,875	4,76	2,795	1,2
	SNUN 150416	15,875	4,76	2,630	1,6
	SNUN 190412	19,05	4,76	3,452	1,2
	SNUN 190416	19,05	4,76	3,288	1,6
G	SNGN 090304	9,525	3,18	1,808	0,4
	SNGN 090308	9,525	3,18	1,644	0,8
	SNGN 120408	12,7	4,76	2,301	0,8
	SNGN 120412	12,7	4,76	2,137	1,2
	SNGN 190408	19,05	4,76	3,617	0,8
	SNGN 190412	19,05	4,76	3,452	1,2

Clase	Designación	l = d	s	m	r_ϵ
U	SPUN 090304	9,525	3,18	1,808	0,4
	SPUN 090308	9,525	3,18	1,808	0,8
	SPUN 120308	12,7	3,18	2,301	0,8
	SPUN 120312	12,7	3,18	2,137	1,2
	SPUN 120412	19,05	4,76	3,452	1,2
	SPUN 190416	19,05	4,76	3,288	1,6
G	SPGN 090304	9,525	3,18	1,808	0,4
	SPGN 090308	9,525	3,18	1,644	0,8
	SPGN 120308	12,70	3,18	2,301	0,8
	SPGN 120312	12,70	3,18	2,137	1,2
	SPGN 190412	19,05	4,76	3,452	1,2
	SPGN 190416	19,05	4,76	3,288	1,6

(Concuerda con UNE 16-115-83)

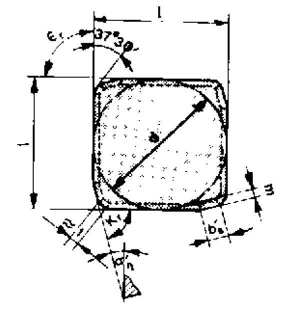
Clase	Designación	l = d	s	b_s ≈	m	ϵ_r	K_r
A	SNAN 1204 E	12,7	4,76	1,4	0,80	90°	75°
	SNAN 1504 E	15,875	4,76	1,4	1,15	90°	75°
	SNAN 1904 E	19,05	4,76	2	1,30	90°	75°
C	SNCN 1204 E	12,7	4,76	1,4	0,80	90°	75°
	SNCN 1504 E	15,875	4,76	1,4	1,15	90°	75°
	SNCN 1904 E	19,05	4,76	2	1,30	90°	75°
K	SNKN 1204 E	12,7	4,76	1,4	0,80	90°	75°
	SNKN 1504 E	15,875	4,76	1,4	1,15	90°	75°
	SNKN 1904 E	19,05	4,76	2	1,30	90°	75°

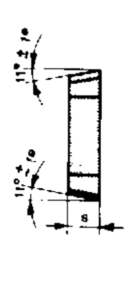
Clase	Designación	l = d	s	b_s ≈	m	ϵ_r	K_r	α'_n
A	SPAN 1203 EDR	12,7	3,175	1,4	0,90	90°	75°	15°
	SPAN 1504 EDR	15,875	4,76	1,4	1,25	90°	75°	15°
C	SPCN 1203 EDR	12,7	3,175	1,4	0,90	90°	75°	15°
	SPCN 1504 EDR	15,875	4,76	1,4	1,25	90°	75°	15°
K	SPKN 1203 EDR	12,7	3,175	1,4	0,90	90°	75°	15°
	SPKN 1504 EDR	15,875	4,76	1,4	1,25	90°	75°	15°

(Concuerda con UNE 16-118-84)

PLAQUITAS CUADRADAS DE FIJACIÓN MECÁNICA TIPOS SN (arista 45°) - SP (arista de barrido 11°).

Medidas en mm.

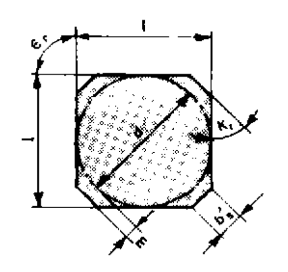


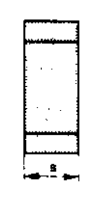


(Concuerda con UNE 16.117-84)

Clase	Designación	$l = d$	s	$b'_s \approx$	m	ϵ_r	K_r	α'_n
A	SPAN 1203 EPR	12,70	3,175	1,4	0,90	90°	75°	11°
	SPAN 1504 EPR	15,875	4,76	1,4	1,25	90°	75°	11°
C	SPCN 1203 EPR	12,70	3,175	1,4	0,90	90°	75°	11°
	SPCN 1504 EPR	15,875	4,76	1,4	1,25	90°	75°	11°
K	SPKN 1203 EPR	12,70	3,175	1,4	0,90	90°	75°	11°
	SPKN 1504 EPR	15,875	4,76	1,4	1,25	90°	75°	11°

Medidas en mm.





(Concuerda con UNE 16.117-84)

Clase	Designación	$l = d$	s	$b'_s \approx$	m	ϵ_r	K_r
A	SNAN 1204 AN	12,70	4,76	2,0	1,40	90°	45°
	SNAN 1504 AN	15,875	4,76	2,5	2,00	90°	45°
	SNAN 1904 AN	19,05	4,76	3,0	2,50	90°	45°
C	SNCN 1204 AN	12,70	4,76	2,0	1,40	90°	45°
	SNCN 1504 AN	15,875	4,76	2,5	2,00	90°	45°
	SNCN 1904 AN	19,05	4,76	3,0	2,50	90°	45°
K	SNKN 1204 AN	12,70	4,76	2,0	1,40	90°	45°
	SNKN 1504 AN	15,875	4,76	2,5	2,00	90°	45°
	SNKN 1904 AN	19,05	4,76	3,0	2,50	90°	45°

PLAQUITAS DE FIJACIÓN MECÁNICA CON AGUJERO CILÍNDRICO
TIPOS RNMG Y TNMG-TNMM-TNMA

Medidas en mm.

Tipo RNMG

(Concuerda con UNE 16.117-84)

Designación	*d*	*s*	d_1	*Designación*	*d*	*s*	d_1
RNMG 090300	9,625	3,18	3,81	RNMG 190600	19,06	6,35	7,93
RNMG 120400	12,70	4,76	5,16	RNMG 250900	25,40	9,52	9,12
RNMG 150600	15,875	6,35	6,35	RNMG 310900	31,75	9,52	12,70

Tipo TNMG

Designación	$l \approx$	*d*	*s*	d_1	*m*	r_ε	*Designación*	$l \approx$	*d*	*s*	d_1	*m*	r_ε
TNMG 160408	16,5	9,525	4,76	3,81	13,494	0,8	TNMG 220408	22,0	12,70	4,76	5,16	18,256	0,8
TNMG 160412	16,5	9,525	4,76	3,81	13,097	1,2	TNMG 220412	22,0	12,70	4,76	5,16	17,859	1,2

Tipo TNMM

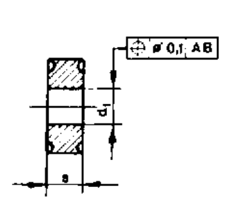
Designación	$l \approx$	*d*	*s*	d_1	*m*	r_ε	*Designación*	$l \approx$	*d*	*s*	d_1	*m*	r_ε
TNMM 160408	16,5	9,525	4,76	3,81	13,494	0,8	TNMM 220408	22,0	12,70	4,76	5,16	18,256	0,8
TNMM 160412	16,5	9,525	4,76	3,81	13,097	1,2	TNMM 220412	22,0	12,70	4,76	5,16	17,859	1,2

Tipo TNMA

Designación	$l \approx$	*d*	*s*	d_1	*m*	r_ε	*Designación*	$l \approx$	*d*	*s*	d_1	*m*	r_ε
TNMA 160408	16,5	9,525	4,76	3,81	13,494	0,8	TNMA 160408	22,0	12,70	4,76	5,16	18,256	0,8
TNMA 160412	16,5	9,525	4,76	3,81	13,097	1,2	TNMA 160412	22,0	12,70	4,76	5,16	17,859	1,2

PLAQUITAS DE FIJACIÓN MECÁNICA CON AGUJERO CILÍNDRICO
TIPOS SNMG-SNMM-SNMA

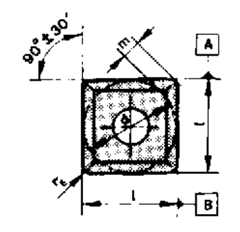
Medidas en mm.

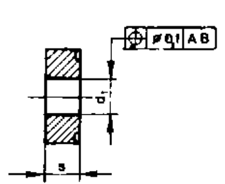


Tipo SNMG

(Concuerda con UNE 16.161-84)

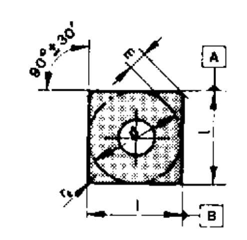
Designación	$l = d$	s	d	m	r_ε	Designación	$l = d$	s	d	m	r_ε
SNMG 090304	9,525	3,18	3,81	1,808	0,4	SNMG 190612	19,05	6,35	7,93	3,452	1,2
SNMG 090308	9,525	3,18	3,81	1,644	0,8	SNMG 190616	19,05	6,35	7,93	3,288	1,6
SNMG 120408	12,70	4,76	5,16	2,301	0,8	SNMG 250724	25,40	7,93	9,12	4,274	2,4
SNMG 120412	12,70	4,76	5,16	2,137	1,2	—					

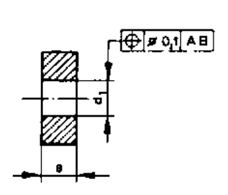




Tipo SNMM

Designación	$l = d$	s	d	m	r_ε	Designación	$l = d$	s	d	m	r_ε
SNMM 090304	9,525	3,18	3,81	1,808	0,4	SNMM 190612	19,05	6,35	7,93	3,452	1,2
SNMM 090308	9,525	3,18	3,81	1,644	0,8	SNMM 190616	19,05	6,35	7,93	3,288	1,6
SNMM 120408	12,70	4,76	5,16	2,301	0,8	SNMM 250724	25,4	7,93	9,12	4,274	2,4
SNMM 120412	12,70	4,76	5,16	2,137	1,2	—					





Tipo SNMA

Designación	$l = d$	s	d	m	r_ε	Designación	$l = d$	s	d	m	r_ε
SNMA 120408	12,70	4,76	5,16	2,301	0,8	SNMA 190612	19,05	6,35	7,93	3,452	1,2
SNMA 120412	12,70	4,76	5,16	2,137	1,2	SNMA 190616	19,05	6,35	7,93	3,288	1,6
—						SNMA 250724	25,40	7,93	9,12	4,274	2,4

PLAQUITAS DE FIJACIÓN MECÁNICA CON AGUJERO CILÍNDRICO TIPOS CNMG-CNMM-CNMA

Medidas en mm.

Tipo CNMG

(Concuerda con UNE 16.161-84)

Designación	l ≈	d	s	d_1	m	m_1	$r_ε$
CNMG 120408	12,9	12,70	4,76	5,16	3,088	1,697	0,8
CNMG 120412	12,9	12,70	4,76	5,16	2,867	1,576	1,2
CNMG 190612	19,3	19,05	6,35	7,93	4,631	2,546	1,2
CNMG 190616	19,3	19,05	6,35	7,93	4,411	2,425	1,6

Tipo CNMM

Designación	l ≈	d	s	d_1	m	m_1	$r_ε$
CNMM 120408	12,9	12,70	4,76	5,16	3,088	1,697	0,8
CNMM 120412	12,9	12,70	4,76	5,16	2,867	1,576	1,2
CNMM 190612	19,3	19,05	6,35	7,93	4,631	2,546	1,2
CNMM 190616	19,3	19,05	6,35	7,93	4,411	2,425	1,6

Tipo CNMA

Designación	l ≈	d	s	d_1	m	m_1	$r_ε$
CNMA 120408	12,9	12,70	4,76	5,16	3,088	1,697	0,8
CNMA 120412	12,9	12,70	4,76	5,16	2,867	1,576	1,2
CNMA 190612	19,3	19,05	6,35	7,93	4,631	2,546	1,2
CNMA 190616	19,3	19,05	6,35	7,93	4,411	2,425	1,6

PLAQUITAS DE FIJACIÓN MECÁNICA CON AGUJERO CILÍNDRICO
TIPOS DNMG-DNMM-DNMA

Medidas en mm.

Tipo DNMG

(Concuerda con UNE 16.161-84)

Designación	l ≈	d	s	d_1	m	r_ε	Designación	l ≈	d	s	d_1	m	r_ε
DNMG 150408	15,5	12,70	4,76	5,16	6,478	0,8	DNMG 190608	19,3	15,875	6,35	6,35	8,327	0,8
DNMG 150412	15,5	12,70	4,76	5,16	6,015	1,2	DNMG 190612	19,3	15,875	6,35	6,35	7,865	1,2
DNMG 150608	15,5	12,70	6,35	5,16	6,478	0,8	DNMG 190616	19,3	15,875	6,35	6,35	7,402	1,6
DNMG 150612	15,5	12,70	6,35	5,16	6,015	1,2	—						

Tipo DNMM

Designación	l ≈	d	s	d_1	m	r_ε	Designación	l ≈	d	s	d_1	m	r_ε
DNMM 150408	15,5	12,70	4,76	5,16	6,478	0,8	DNMM 190608	19,3	15,875	6,35	6,35	8,327	0,8
DNMM 150412	15,5	12,70	4,76	5,16	6,015	1,2	DNMM 190612	19,3	15,875	6,35	6,35	7,865	1,2
DNMM 150608	15,5	12,70	6,35	5,16	6,478	0,8	DNMM 190616	19,3	15,875	6,35	6,35	7,402	1,6
DNMM 150612	15,5	12,70	6,35	5,16	6,015	1,2	—						

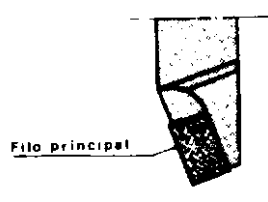
Tipo DNMA

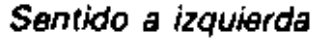
Designación	l ≈	d	s	d_1	m	r_ε	Designación	l ≈	d	s	d_1	m	r_ε
DNMA 150408	15,5	12,70	4,76	5,16	6,478	0,8	DNMA 190608	19,3	15,875	6,35	6,35	8,327	0,8
DNMA 150412	15,5	12,70	4,76	5,16	6,015	1,2	DNMA 190612	19,3	15,875	6,35	6,35	7,865	1,2
DNMA 150608	15,5	12,70	6,35	5,16	6,478	0,8	DNMA 190616	19,3	15,875	6,35	6,35	7,402	1,6
DNMA 150612	15,5	12,70	6,35	5,16	6,015	1,2	—						

HERRAMIENTAS CON PLAQUITAS DE METAL DURO SOLDADAS GENERALIDADES

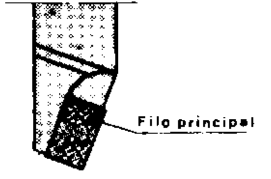
Sentido

El sentido de la herramienta puede ser a derecha o izquierda. Para definirlo, disponiendo la herramienta sobre un plano horizontal con la cara de desprendimiento hacia arriba y la punta por delante, en esta posición la herramienta es a derecha cuando el corte principal queda a la derecha del observador, y a izquierda en caso contrario.





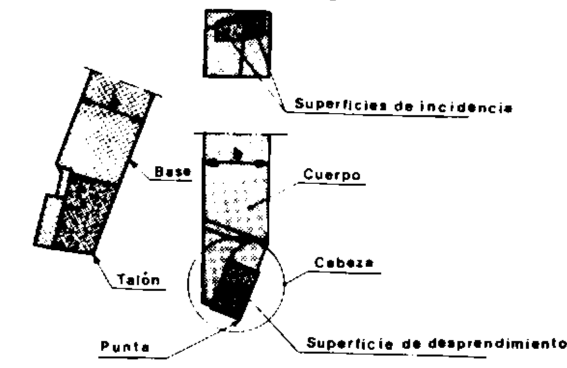
Sentido a izquierda



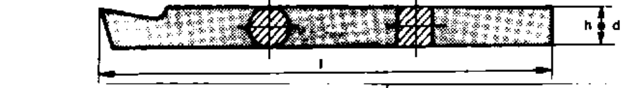
Sentido a derecha

Mango

Es la parte de la herramienta que sirve para su fijación en el portaherramientas; en su extremo se fija la plaquita de corte. Parte activa de la herramienta es la que interviene directamente en la operación de corte; punta es la parte de encuentro de las aristas de corte principal y secundaria; superficie de apoyo es la parte del mango sobre la que normalmente descansa en el portaherramienta. El material del mango será, generalmente, de acero al carbono tratado, de 70 a 90 kg/mm².



La sección del mango puede ser cuadrada, rectangular y circular, sus dimensiones figuran en el cuadro que sigue.



Herramientas para exteriores

h ó d	10	12	16	20	25	32	40	50	63
l	90	100	110	125	140	170	200	240	280

Herramientas para interiores

h ó d	8	10	12	16	20	25	32
l	125	150	180	210	250	300	355

Clasificación

Se han normalizado diez tipos de herramientas, que se citan en el cuadro que sigue:

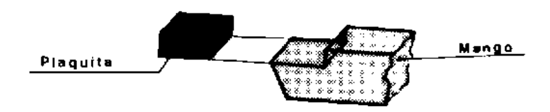
Tipo	*Denominación*	*Tabla*	*Tipo*	*Denominación*	*Tabla*
1	Mango recto	8-18	6	Corte desplazado	8-20
2	Mango acodado	8-18	7	Para tronzar	8-21
3	Corte desplazado	8-19	8	Para interiores, pasantes	8-21
4	Corte ancho	8-19	9	Para interiores, ciegos	8-22
5	Corte desplazado	8-20	10	Para afinar, recta	8-22

NOTA. – Las características que se exponen coinciden con las especificadas por las Normas UNE para estas herramientas.

HERRAMIENTAS CON PLAQUITAS DE METAL DURO SOLDADAS
FIJACIÓN DE LAS PLAQUITAS

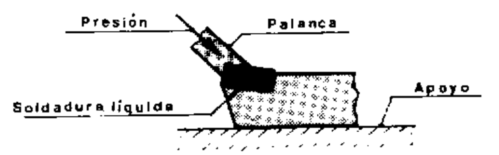
Mecanizado y soldadura

De la barra de acero al carbono de sección correspondiente (página anterior) se corta el mango y se le da forma (por forja) si lo precisa, se mecaniza por fresado, y se ajusta el alojamiento de la plaquita de acuerdo con la forma de ésta, a dimensiones de asiento ligeramente superiores para posterior reducción después de soldada.



Se corta la plaquita de la barra si es acero rápido o se dispone de la de carburo si es de ésta la que ha de fijarse (las plaquitas de carburo se obtienen en su forma definitiva por conglutinación en caliente); se limpia el alojamiento del mango y la plaquita, y se calientan por separado a 800° C, evitando oxidaciones utilizando bórax en llama reductora; nuevamente se limpia el alojamiento de la plaquita, y ésta, frotándolos vigorosamente con un cepillo de cardas metálicas, se cubre el alojamiento del mango con polvos de soldar generalmente de cobre electrolítico, o de plata, y se sitúa la plaquita en su alojamiento. Se calienta nuevamente el conjunto (mango y plaquita) hasta la temperatura de fusión de los polvos de soldar, observando si corre la soldadura aplicando a la vez (mediante una cucharilla) polvos de bórax para evitar oxidaciones.

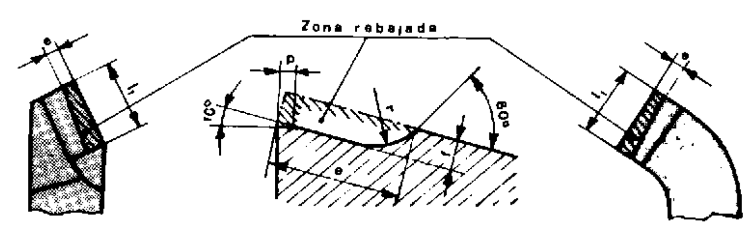
Retirando la herramienta del horno se presiona la plaquita contra el mango apoyado durante unos segundos, para regularizar el espesor de la soldadura.



Después de la operación de soldado se cubre la herramienta con cenizas de fragua o polvo de carbón de madera para que se enfríe lentamente evitando así la formación de grietas. Si la plaquita es de acero rápido se procederá a su temple (las de metal duro o carburos no necesitan ser templadas), y comprobada su dureza (máquina Rockwell), si es la conveniente se procederá a su afilado.

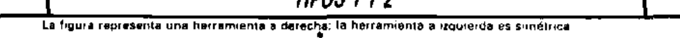
Rompe-virutas

La preparación de la herramienta con plaquita soldada se completará realizando un pequeño rebajo en la cara de salida de la viruta para que ésta se rompa; la forma del rebajo rompe-viruta se representa en las figuras que siguen y sus dimensiones se expresan en el cuadro que acompaña.



Longitud nominal, l	*e*	*f*	*r*	*p*
8-10	1,5	0,4	0,6	0,1-0,2
12-16	2,0	0,6	1,0	0,1-0,2
20	2,5	0,8	1,6	0,2-0,3
25-32	3,5	1,0	2,0	0,2-0,3
40-50	5,0	1,2	2,5	0,3-0,4

HERRAMIENTAS CON PLAQUITAS DE METAL DURO SOLDADAS TIPOS 1 Y 2



Plaquitas A y C para herramientas a derecha, y B y C para herramientas a izquierda.

(Concuerda con UNE 16.103-83)

Sección A – A

Detalle A

* Faceta opcional

TIPO 1
Mango recto

Medidas en mm.

Sección del mango	Designación	h	b	l	l_1	n ≈	s	t	r_ε ≈
Cuadrada	10 × 10	10	10	90	8	4	3	5	0,4
	12 × 12	12	12	100	10	5	4	6	0,4
	16 × 16	16	16	110	12	6	5	8	0,4
	20 × 20	20	20	125	16	8	6	10	0,4
	25 × 25	25	25	140	20	10	7	12	0,8
	32 × 32	32	32	170	25	12	8	14	0,8
	40 × 40	40	40	200	32	16	10	18	0,8
	50 × 50	50	50	240	40	20	12	22	1,2
Rectangular	20 × 12	20	12	125	12	5	5	8	0,4
	25 × 16	25	16	140	16	6	6	10	0,4
	32 × 20	32	20	170	20	8	7	12	0,8
	40 × 25	40	25	200	25	10	8	14	0,8
	50 × 32	50	32	240	32	12	10	18	0,8
	63 × 40	63	40	280	40	16	10	22	1,2

Herramientas con plaquitas tipo C.

(Concuerda con UNE 16.104-82)

Detalle A

* Faceta opcional

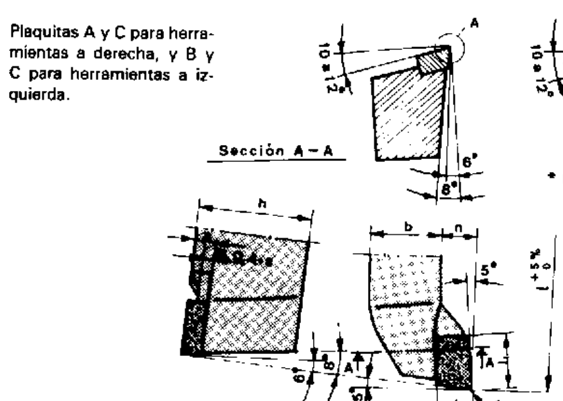
TIPO 2
Mango acodado

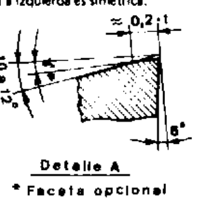
Medidas en mm.

Sección del mango	Designación	h	b	l	l_1	n ≈	s	t	r_ε ≈
Cuadrada	10 × 10	10	10	90	8	6	3	5	0,4
	12 × 12	12	12	100	10	7	4	6	0,4
	16 × 16	16	16	110	12	8	5	8	0,4
	20 × 20	20	20	125	16	10	6	10	0,4
	25 × 25	25	25	140	20	12	7	12	0,8
	32 × 32	32	32	170	25	14	8	14	0,8
	40 × 40	40	40	200	32	18	10	18	0,8
	50 × 50	50	50	240	40	22	12	22	1,2

La figura representa una herramienta a derecha; la herramienta a izquierda es simétrica.

Plaquitas A y C para herramientas a derecha, y B y C para herramientas a izquierda.



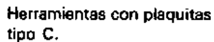


(Concuerda con UNE 16.105-82)

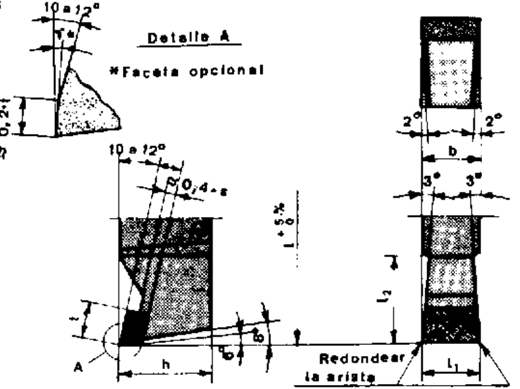
TIPO 3
Corte desplazado

Medidas en mm.

Sección del mango	*Designación*	*h*	*b*	*l*	*l_1*	*n ≈*	*s*	*t*	*r_1 ≈*
	16 × 10	16	10	110	8	5	3	5	0,4
	20 × 12	20	12	125	10	6	4	6	0,4
	25 × 16	25	16	140	12	8	5	8	0,4
	32 × 20	32	20	170	16	10	6	10	0,4
	40 × 25	40	25	200	20	12	7	12	0,8
	50 × 32	50	32	240	25	14	8	14	0,8



Herramientas con plaquitas tipo C.



TIPO 4
Corte ancho

(Concuerda con UNE 16.106-83)

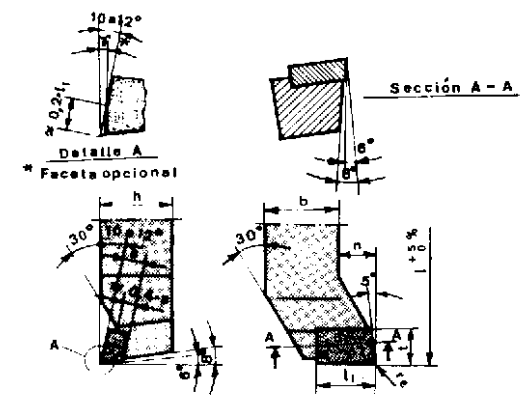
Medidas en mm.

Sección del mango	*Designación*	*h*	*b*	*l*	*l_1*	*n ≈*	*s*	*t*	*r_1 ≈*
	20 × 12	20	12	125	12	20	5	8	–
	25 × 16	25	16	140	16	25	6	10	–
	32 × 20	32	20	170	20	32	7	12	–
	40 × 25	40	25	200	25	40	8	14	–
	50 × 32	50	32	240	32	50	10	18	–

HERRAMIENTAS CON PLAQUITAS DE METAL DURO SOLDADAS TIPOS 5 Y 6

La figura representa una herramienta a derecha, la herramienta a izquierda es simétrica.

Plaquitas A y C para herramientas a derecha, y B y C para herramientas a izquierda.



TIPO 5
Corte desplazado

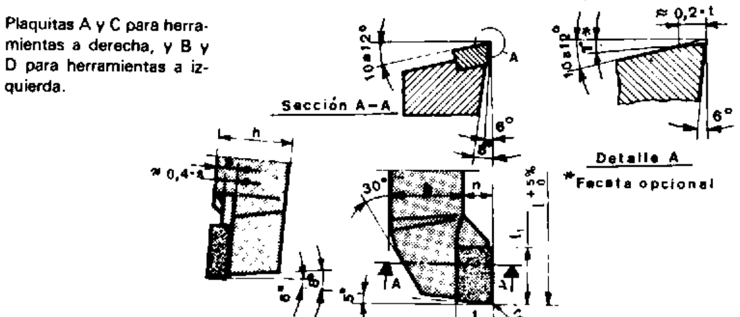
(Concuerda con UNE 16.107-82)

Medidas en mm.

Sección del mango	Designación	h	b	l	l_1	n ≈	s	t	r_ε ≈
	20 × 20	20	20	125	16	10	6	10	0,4
	25 × 25	25	25	140	20	12	7	12	0,8
	32 × 32	32	32	170	25	16	8	14	0,8
	40 × 40	40	40	200	32	20	10	18	0,8
	50 × 50	50	50	240	40	25	12	22	1,2

La *figura* representa una herramienta a derecha ; la herramienta a la izquierda es simetrica.

Plaquitas A y C para herramientas a derecha, y B y D para herramientas a izquierda.

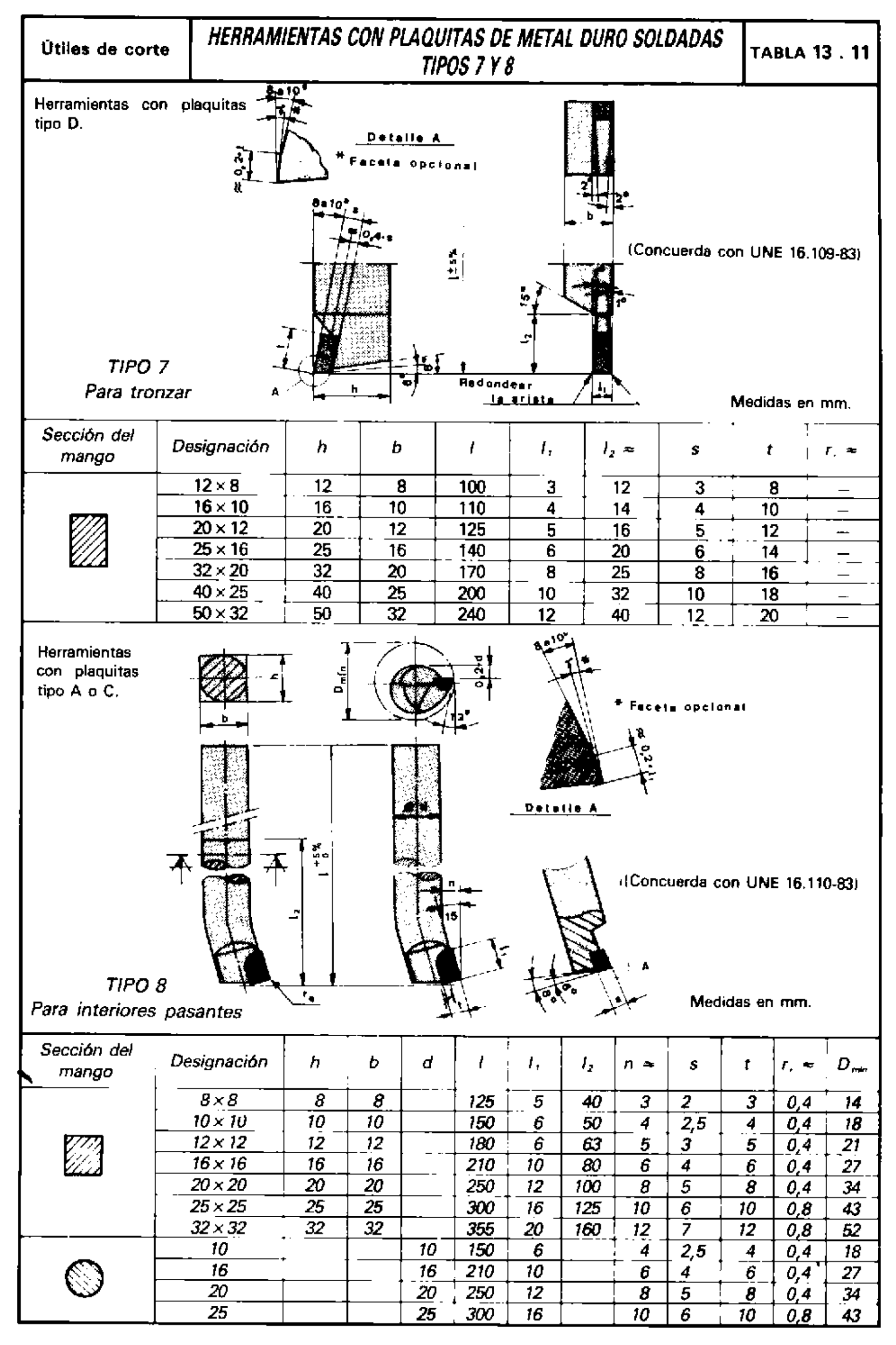


TIPO 6
Corte desplazado

(Concuerda con UNE 16.108-83)

Medidas en mm.

Sección del mango	Designación	h	b	l	l_1	n ≈	s	t	r_ε ≈
	10 × 10	10	10	90	8	4	3	5	0,4
	12 × 12	12	12	100	10	5	4	6	0,4
	16 × 16	16	16	110	12	6	5	8	0,4
	20 × 20	20	20	125	16	8	6	10	0,4
	25 × 25	25	25	140	20	10	7	12	0,8
	32 × 32	32	32	170	25	12	8	14	0,8
	40 × 40	40	40	200	32	14	10	18	0,8
	50 × 50	50	50	240	40	18	12	22	1,2



Útiles de corte	HERRAMIENTAS CON PLAQUITAS DE METAL DURO SOLDADAS TIPOS 7 Y 8	TABLA 13 . 11

Herramientas con plaquitas tipo D.

TIPO 7
Para tronzar

Medidas en mm.

Sección del mango	*Designación*	*h*	*b*	*l*	*l_1*	*l_2 ≈*	*s*	*t*	*r_ε ≈*
▨ (rectangular)	12 × 8	12	8	100	3	12	3	8	–
	16 × 10	16	10	110	4	14	4	10	–
	20 × 12	20	12	125	5	16	5	12	–
	25 × 16	25	16	140	6	20	6	14	–
	32 × 20	32	20	170	8	25	8	16	–
	40 × 25	40	25	200	10	32	10	18	–
	50 × 32	50	32	240	12	40	12	20	–

Herramientas con plaquitas tipo A o C.

TIPO 8
Para interiores pasantes

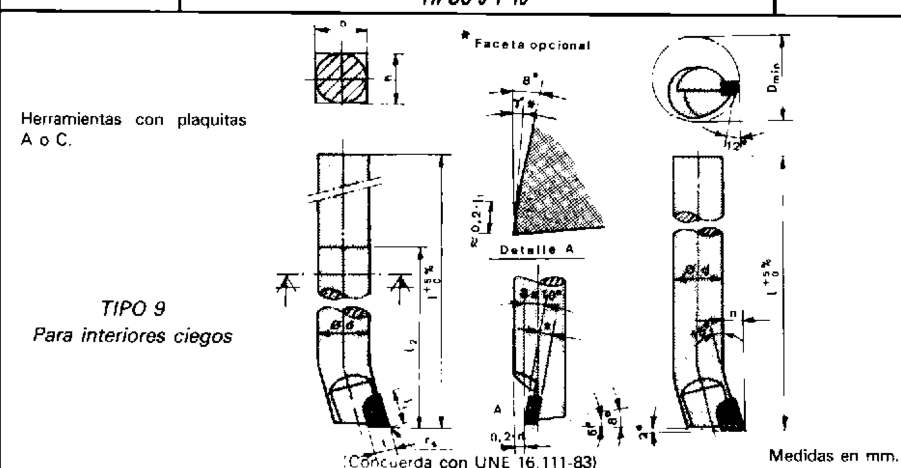
Medidas en mm.

Sección del mango	*Designación*	*h*	*b*	*d*	*l*	*l_1*	*l_2*	*n ≈*	*s*	*t*	*r_ε ≈*	*D_{min}*
▨ (cuadrada)	*8 × 8*	*8*	*8*		*125*	*5*	*40*	*3*	*2*	*3*	*0,4*	*14*
	10 × 10	*10*	*10*		*150*	*6*	*50*	*4*	*2,5*	*4*	*0,4*	*18*
	12 × 12	*12*	*12*		*180*	*6*	*63*	*5*	*3*	*5*	*0,4*	*21*
	16 × 16	*16*	*16*		*210*	*10*	*80*	*6*	*4*	*6*	*0,4*	*27*
	20 × 20	*20*	*20*		*250*	*12*	*100*	*8*	*5*	*8*	*0,4*	*34*
	25 × 25	*25*	*25*		*300*	*16*	*125*	*10*	*6*	*10*	*0,8*	*43*
	32 × 32	*32*	*32*		*355*	*20*	*160*	*12*	*7*	*12*	*0,8*	*52*
◯ (redonda)	*10*			*10*	*150*	*6*		*4*	*2,5*	*4*	*0,4*	*18*
	16			*16*	*210*	*10*		*6*	*4*	*6*	*0,4*	*27*
	20			*20*	*250*	*12*		*8*	*5*	*8*	*0,4*	*34*
	25			*25*	*300*	*16*		*10*	*6*	*10*	*0,8*	*43*

HERRAMIENTAS CON PLAQUITAS DE METAL DURO SOLDADAS TIPOS 9 Y 10

Herramientas con plaquitas A o C.

TIPO 9
Para interiores ciegos



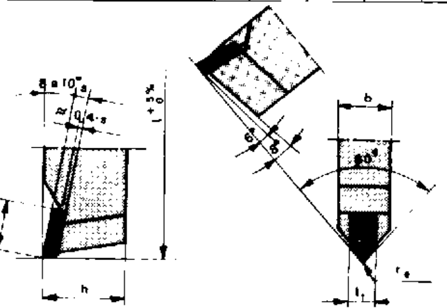
(Concuerda con UNE 16.111-83)

Medidas en mm.

Sección del mango	Designación	h	b	d	l	l_1	l_2	n ≈	s	t	r_ε ≈	D_{min}
Cuadrada	8 × 8	8	8		125	5	40	3	2	3	0,4	14
	10 × 10	10	10		150	6	50	4	2,5	4	0,4	18
	12 × 12	12	12		180	8	63	5	3	5	0,4	21
	16 × 16	16	16		210	10	80	6	4	6	0,4	27
	20 × 20	20	20		250	12	100	8	5	8	0,4	34
	25 × 25	25	25		300	16	125	10	6	10	0,8	43
	32 × 32	32	32		355	20	160	12	7	12	0,8	52
Redonda	10			10	150	6		4	2,5	4	0,4	18
	16			16	210	10		6	4	6	0,4	27
	20			20	250	12		8	5	8	0,4	34
	25			25	300	16		10	6	10	0,8	43

Herramientas para plaquitas tipo E.

TIPO 10
Para afinar, recta



(Concuerda con UNE 16.112-83)

Medidas en mm.

Sección del mango	Designación	h	b	l
Cuadrada	10 × 10	10	10	90
	12 × 12	12	12	100
	16 × 16	16	16	110
	20 × 20	20	20	125
	25 × 25	25	25	140
	32 × 32	32	32	170
	40 × 40	40	40	200

Sección del mango	Designación	h	b	l	l_1	s	t	r_ε ≈
Rectangular	—	—	—	—	4	2,5	10	0,4
	16 × 10	16	10	110	5	3	12	0,4
	20 × 12	20	12	125	6	3,5	14	0,4
	25 × 16	25	16	140	8	4	16	0,4
	32 × 20	32	20	170	10	5	18	0,8
	40 × 25	40	25	200	12	6	20	0,8
	—	—	—	—	16	7	22	0,8

Aplicación de las plaquitas

Para su aplicación, las plaquitas de metal duro y de cerámica están marcadas con el símbolo correspondiente a un grupo de empleo establecido según los materiales que se han de mecanizar y las condiciones de trabajo. Los grupos de empleo se exponen en las tablas que siguen.

Las plaquitas de material duro y de cerámica se representan y dimensionan en las Tablas.

Grupos principales

Los grupos principales se exponen en el cuadro que sigue:

Letra	*Grupo principal de arranque de viruta*	*Color*
P	Materiales férreos de viruta larga.	Azul
M	Materiales férreos y no férreos de viruta larga o corta.	Amarillo
K	Materiales férreos de viruta corta, metales no férreos, materiales no metálicos.	Rojo

Grupos de empleo

Los tres grupos principales se subdividen en grupos de empleo, que se distinguen por su letra y numeración. Los números se relacionan con la tenacidad y con la resistencia al desgaste de las plaquitas, de tal modo que cuanto mayor sea dicho número, mayor será la tenacidad y menor la resistencia al desgaste.

Grupo principal	*Grupo de empleo*	*Material que se ha de trabajar*	*Aplicaciones y condiciones de trabajo*	
P	P 01	Acero. Acero moldeado.	Torneado y mandrinado en acabados. Grandes velocidades de corte. Pequeños avances. Exactitud del acabado. Trabajo sin vibración.	*Aumenta la resistencia al desgaste del metal duro* ↓ / ↑ *Aumenta la tenacidad del metal duro*
	P 10		Torneado, roscado, fresado. Grandes velocidades de corte. Avances pequeños y medios.	
	P 20	Acero. Acero moldeado. Fundición maleable de viruta larga.	Torneado, roscado fresado. Velocidades de corte medias. Avances medios. Cepillado con avances pequeños.	
	P 30		Torneado, fresado, cepillado. Velocidades de corte medias y pequeñas. Avances medios y grandes, en condiciones desfavorables de trabajo*.	
	P 40	Acero. Acero moldeado de media o baja resistencia a la tracción, con inclusiones de arena o porosidades.	Torneado, fresado, cepillado, mortajado. Trabajo en máquinas automáticas. Velocidades de corte pequeñas. Avances grandes. Posibilidad de grandes ángulos de desprendimiento, en condiciones desfavorables de trabajo*.	
	P 50		Torneado, cepillado, mortajado. Trabajo en máquinas automáticas. Velocidades de corte pequeñas. Avances grandes. Posibilidad de grandes ángulos de desprendimiento, en condiciones desfavorables de trabajo*.	

* Las condiciones desfavorables de trabajo pueden ser, materiales o piezas difíciles de mecanizar por: corteza de fundición o forja, durezas variables, profundidad de corte variable, vibraciones, cortes interrumpidos, etc.

Útiles de corte	PLAQUITAS DE METAL DURO Y DE CERÁMICA GRUPOS DE EMPLEO (2.ª)	TABLA 16 . 11

Grupo principal	*Grupo de empleo*	*Material que se ha de trabajar*	*Aplicaciones y condiciones de trabajo*
M	M 10	Acero. Acero al manganeso. Acero moldeado. Fundición gris. Fundición gris aleada.	Torneado. Velocidades de corte medias y grandes. Avances pequeños y medios.
	M 20	Acero. Acero austenítico. Acero al manganeso. Acero moldeado. Fundición gris.	Torneado, fresado. Velocidades de corte medias. Avances medios.
	M 30	Acero. Acero austenítico. Acero moldeado. Aleaciones refractarias. Fundición gris.	Torneado, fresado, cepillado. Velocidades de corte medias. Avances medios y grandes.
	M 40	Acero de baja resistencia a la tracción. Acero de fácil mecanización. Metales no férreos y aleaciones ligeras.	Torneado, tronzado. Trabajo en máquinas automáticas.
K	K 01	Acero templado. Fundición en coquilla. Fundición gris dura. Aleaciones de aluminio con alto contenido de silicio. Materiales plásticos muy abrasivos. Papel prensado. Material cerámico.	Torneado, torneado en acabado, mandrinado fino, fresado fino, rasqueteado.
	K 10	Acero templado. Fundición gris dura. Aleaciones de cobre. Aleaciones de aluminio con silicio. Materiales sintéticos. Ebonita. Papel prensado. Vidrio, porcelana y piedra.	Torneado, fresado, taladrado, mandrinado, escariado, brochado, rasqueteado.
	K 20	Fundición gris dura. Cobre, latón, aluminio. Otros materiales no férreos. Madera prensada muy abrasiva.	Torneado, fresado, cepillado, mandrinado, escariado. Trabajos que exigen elevada tenacidad en el metal duro.
	K 30	Acero de baja resistencia a la tracción. Fundición gris de baja dureza. Madera prensada.	Torneado, fresado, cepillado, mortajado. Posibilidad de grandes ángulos de desprendimiento, en condiciones desfavorables de trabajo*.
	K 40	Materiales no férreos. Madera.	Fresado, cepillado, mortajado. Posibilidad de grandes ángulos de desprendimiento, en condiciones desfavorables de trabajo*.

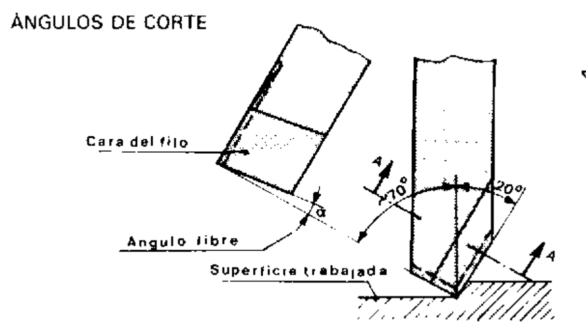
Aumenta la resistencia al desgaste del metal duro (↓)

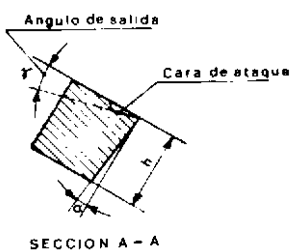
Aumenta la tenacidad del metal duro (↑)

* Las condiciones desfavorables de trabajo pueden ser, materiales o piezas difíciles de mecanizar por: corteza de fundición o forja, durezas variables, profundidad de corte variable, vibraciones, cortes interrumpidos, etc. (Concuerda con UNE 16.100-82).

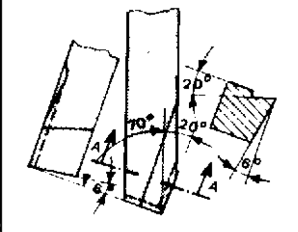
CUCHILLAS PARA CEPILLADO Y MANDRINADO
FORMA Y TIPO DE CUCHILLAS

ÁNGULOS DE CORTE

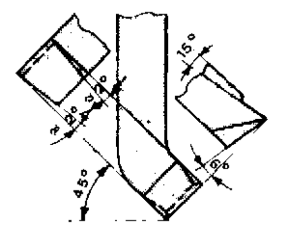




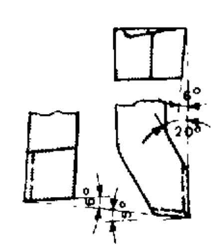
TIPOS DE CUCHILLAS



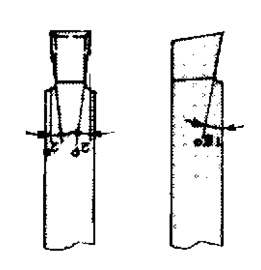
Para desbastar



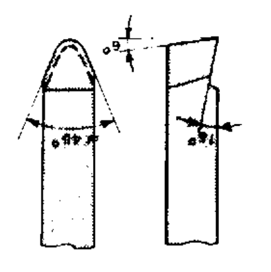
Acodada para desbasta



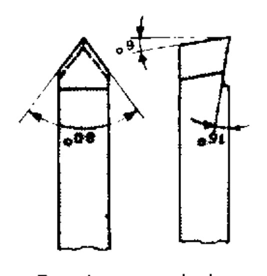
Acodada para acabado



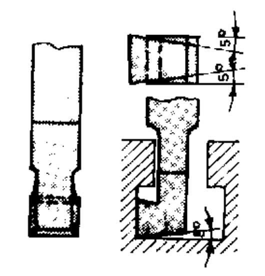
Para retocar



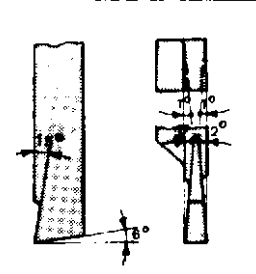
Redonda para retocar



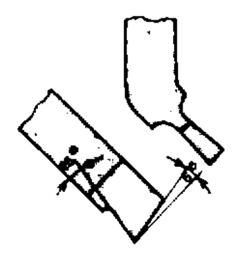
De pala para acabado



Para guías en te



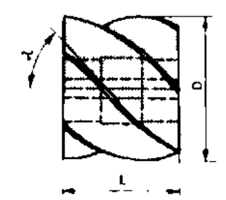
Tronzado y ranurado

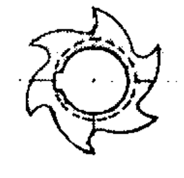


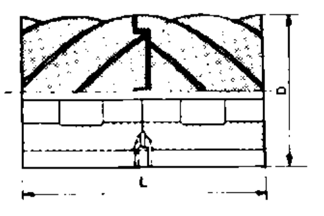
Para guías y ranurado en ángulo

HERRAMIENTAS DE CORTE PARA FRESADO
FRESAS PARA PLANEAR Y RANURAR

Fresas de planear o cilindrar



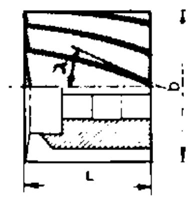


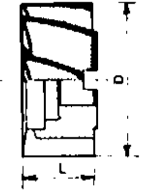


FRESAS CILÍNDRICAS DE PLANEAR
D = 40 a 160 mm; L = 20 a 160 mm.

FRESAS CILÍNDRICAS DE PLANEAR ENLAZADAS
D = 80 a 160 mm; L = 80 a 250 mm.

Fresas de refrentar

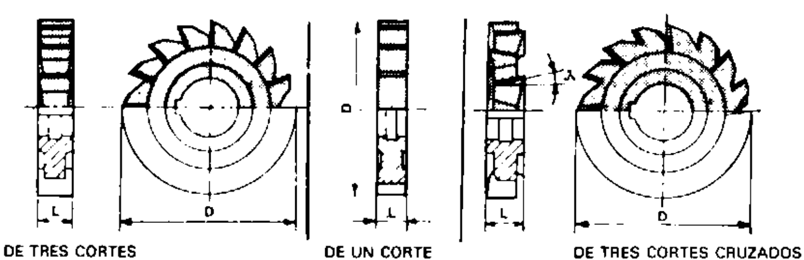




FRESAS CILÍNDRICAS FRONTALES
(Chavetero longitudinal)
D = 30 a 150 mm; L = 30 a 40 mm.

FRESAS CILÍNDRICAS FRONTALES
(Chavetero frontal)
D = 40 a 160 mm; L = 32 a 63 mm.

Fresas de ranurar

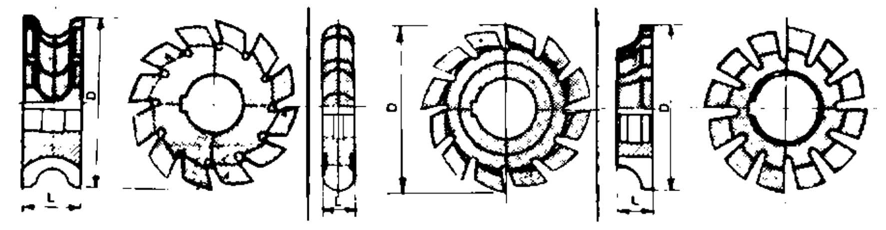


DE TRES CORTES
D = 50 a 200 mm; L = 4 a 32 mm.

DE UN CORTE
D = 50 a 100 mm; L = 4 a 32 mm.

DE TRES CORTES CRUZADOS
D = 50 a 200 mm; L = 4 a 32 mm.

Fresas de forma



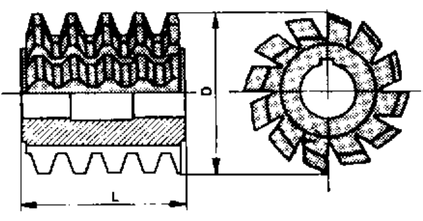
CÓNCAVAS SEMICIRCULARES
D = 56 a 125 mm; L = 8 a 70 mm.

CONVEXAS SEMICIRCULARES
D = 50 a 125 mm; L = 3,2 a 40 mm.

CÓNCAVAS UN CUARTO CÍRCULO
D = 56 a 125 mm; L = 4 a 35 mm.

HERRAMIENTAS DE CORTE PARA FRESADO
FRESAS PARA TALLAR ENGRANAJES, ROSCAS, RANURAS Y CHAVETEROS

Fresas para tallar engranajes

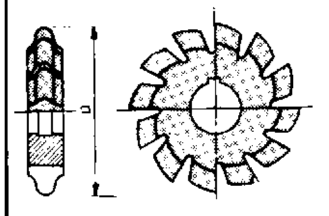


FRESA MADRE — FRESA DE DISCO

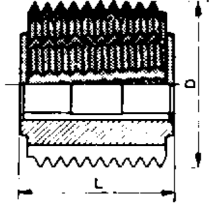
Módulo 1 a 20 — Diametral Pitch 28 a 1,25 — Módulo diametral 1 a 20

Diámetros D = 50 a 250; Longitudes L = 45 a 280 mm.

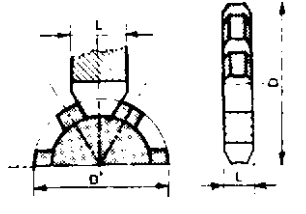
Fresas para tallar



TALLA DE RUEDAS DE CADENA
D = 56 a 225 mm
Paso de cadena de 6 a 76,2 mm.

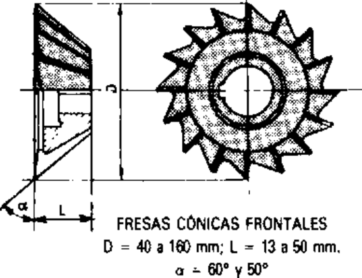


TALLADO DE ROSCAS
D = 30 a 80 mm; L = 12 a 80 mm.
Paso de roscas M 05, a M 3



TALLADO DE EJES ESTRIADOS
D = 50 a 112 mm.
Número de estrías 6 a 10

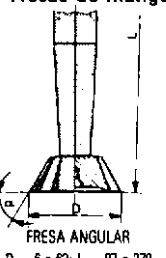
Fresas angulares



FRESAS CÓNICAS FRONTALES
D = 40 a 160 mm; L = 13 a 50 mm.
α = 60° y 50°

FRESAS ANGULARES ISÓSCELES
D = 56 a 100 mm; L = 10 a 28 mm.
α = 45°, 60° y 90°

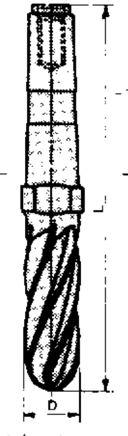
Fresas de mango (cotas en mm)



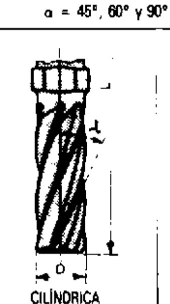
FRESA ANGULAR
D = 6 a 63; L = 87 a 270
α = 45°; 60° y 70°



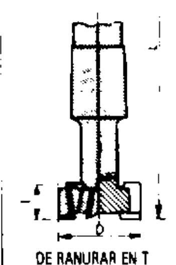
CILÍNDRICA FRONTAL
D = 6 a 63; L = 87 a 270



CILÍNDRICA RADIAL
D = 32 a 50; L = 195 a 258



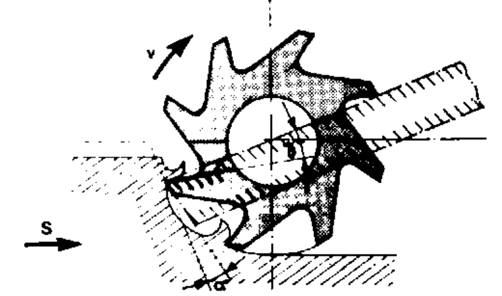
CILÍNDRICA
D = 20 a 63; L = 145 a 430



DE RANURAR EN T
D = 12,5 a 95; L = 72 a 250
l = 6 a 20

DENTADO DE LAS FRESAS ÁNGULOS DE CORTE Y NÚMERO DE DIENTES

Ángulos de los dientes



FRESAS DE ACERO RÁPIDO. – VALORES INFORMATIVOS

Materiales	*Fresas de cilindrar*		*Fresas de refrentar*		*Fresas de ranurar*		*Fresas de manguito*		*Fresas con dientes de metal duro*	
	α	γ	α	γ	α	γ	α	γ	α	γ
Acero 60-85 kg/mm²	6°	12°	6°	12°	6°	12°	6°	12°	12°	–4°
Acero 90-110 kg/mm²	5°	8°	5°	8°	5°	8°	5°	8°	12°	–6°
Acero 150 kg/mm²	6°	8°	6°	8°	6°	8°	6°	8°	6°	0°
Acero fundido 50 kg/mm²	6°	8°	6°	8°	5°	6°	5°	6°	6°	0°
Acero fundido 50-80 kg/mm²	6°	8°	6°	8°	6°	6°	6°	6°	4°	0°
Fundición gris 180 HB	6°	8°	6°	8°	5°	8°	6°	6°	6°	10°
Fundición dura 250 HB	5°	6°	5°	6°	4°	5°	4°	5°	4°	0°
Cobre 60-80 HB	8°	20°	8°	20°	8°	15°	8°	15°	8°	20°
Bronce 100 HB	6°	12°	6°	15°	6°	15°	6°	10°	10°	8°
Latón 80-120 HB	6°	8°	6°	8°	6°	6°	6°	6°	8°	15°
Aluminio 20 kg/mm²	8°	25°	8°	25°	8°	20°	8°	20°	10°	20°
Aluminio aleado 20-25 kg/mm²	6°	20°	6°	20°	6°	16°	6°	16°	10°	18°
Aleaciones de magnesio 20 kg/mm²	8°	20°	8°	20°	6°	16°	6°	16°	8°	18°
Plásticos	8°	10°	8°	10°	6°	10°	6°	10°	8°	15°
Plásticos prensados	6°	20°	6°	20°	6°	16°	6°	16°	8°	18°

Número de dientes

Para el fresado de metales ligeros y de baja resistencia se dispondrán fresas de número de dientes reducido y diámetro pequeño con ángulo de la hélice (λ) grande; para materiales duros y tenaces las fresas serán de un número de dientes elevado y de gran diámetro; para el fresado de materiales de dureza media se tomarán fresas de número de dientes y diámetros medios o normales.

FRESAS DE ACERO RÁPIDO. – VALORES INFORMATIVOS

Número de dientes de la fresa		10	20	30	40	50	63	80	100	125	150	200
Metales de baja resistencia	Fresas de cilindrar				8	8	8	10				
	Fresas de refrentar				8	8	8	10				
	Fresas de ranurar					16	18	20	22			
	Fresas de mango	4	4	6	8							
Metales de dureza media	Fresas de cilindrar						8	10	12	14		
	Fresas de refrentar						8	10	12	14		
	Fresas de ranurar							20	22	24	28	
	Fresas de mango		6	8	10	12						
Metales duros y tenaces	Fresas de cilindrar							10	12	14	16	
	Fresas de refrentar							10	12	14	16	
	Fresas de ranurar								22	24	28	30
	Fresas de mango		8	10	12	14						

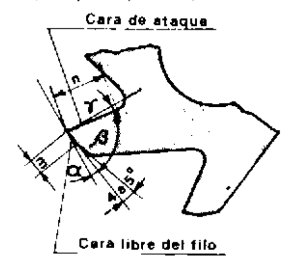
AFILADO DE LAS FRESAS

Disposiciones para el afilado de fresas

El afilado de las fresas se efectúa en las máquinas de afilar, nunca a mano. Las afiladoras disponen de cabezal portamuelas giratorio y orientable con guía de ajuste para su altura, cabezal de apoyo con platos orientables en planos perpendiculares, contrapunto y guía de afilado, montados en una mesa desplazable longitudinalmente sobre un carro con movimiento transversal. Con estas disposiciones, las muelas y fresas pueden tomar cuantas posiciones son precisas para el afilado de los dientes cortantes de las fresas dispuestos en distintas posiciones.

En el dentado de corte y para el afilado se considera la cara libre del filo limitada por el ángulo α y la cara de ataque limitada por el ángulo γ, siendo β el ángulo del filo; la cara libre del filo m debe ser reducida, 0,8 mm para el acabado y 1,6 mm para el desbaste, y cuando esta cara resulta mayor por el afilado se limita haciendo otra que forme un ángulo de 4 a 5° con aquella. El ancho n del afilado en la cara de ataque depende del espesor de la viruta que se desee obtener.

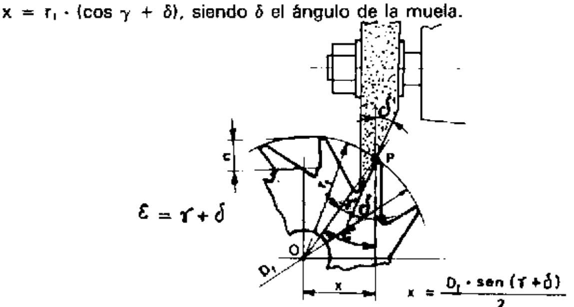
Las pasadas de afilado serán de 0,02 mm para el desbaste y de 0,01 mm para el acabado; las rebabas de afilado se eliminarán por medio de una lima de abrasivo. La muela estará limpia (sin incrustaciones); se emplearán muelas planas y de disco, de plato y de copa (Tabla 30.11), de grano fino.



Valores de desplazamiento

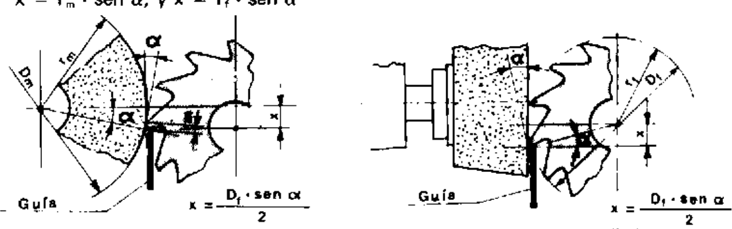
a) Afilado de la cara de ataque. — Se efectúa con una muela de plato; el desplazamiento de los ejes de la muela y fresa, resulta:

$x = r_f \cdot (\cos \gamma + \delta)$, siendo δ el ángulo de la muela.



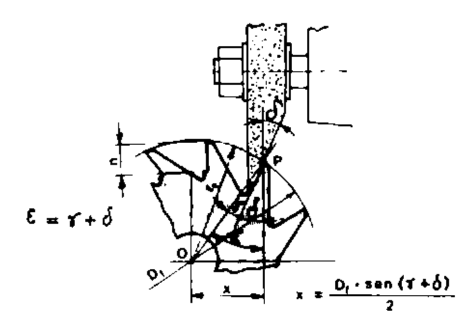
b) Afilado de la cara del filo. — Se efectúa con muelas de copa y cilíndricas; los desplazamientos son:

$x = r_m \cdot \text{sen } \alpha$, y $x = r_f \cdot \text{sen } \alpha$



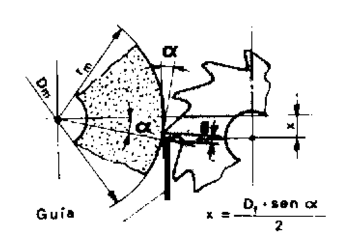
NOTA. — El valor de los ángulos α y γ, se especifica en la Tabla 17.11 para distintos materiales. El afilado de cuchillas de torno (caras de ataque y del filo) se afilan de modo similar al de las fresas, así como también los escariadores y machos de roscar.

Útiles de corte	*AFILADO DE LA CARA DE ATAQUE DE LAS FRESAS* *DESPLAZAMIENTO x EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO DE LAS FRESAS*	TABLA 18 . 11



Fresa ∅ D_1 mm	Desplazamiento x en función de D_1													
	d = 20°; γ = …							δ = 30°; γ = …						
	6°	8°	10°	12°	16°	20°	25°	6°	8°	10°	12°	16°	20°	25°
50	10,2	11,7	12,5	13,2	14,7	16,1	17,7	14,7	15,4	16,1	16,7	18,0	19,1	20,5
60	12,2	14,1	15,0	15,9	17,6	19,3	21,2	17,6	18,5	19,3	20,1	21,6	23,0	24,6
65	13,2	15,3	16,3	17,2	19,1	20,9	23,0	19,1	20,0	20,9	21,7	23,4	24,9	26,6
70	14,2	16,4	17,5	18,6	20,6	22,5	24,7	20,6	21,5	22,5	23,4	25,2	26,8	28,7
75	15,2	17,6	18,8	19,9	22,0	24,1	26,5	22,0	23,1	24,1	25,1	27,0	28,7	30,7
80	16,3	18,8	20,0	21,2	23,5	25,7	28,3	23,5	24,6	25,7	26,8	28,8	30,6	32,8
85	17,3	20,0	21,3	22,6	25,0	27,3	30,1	25,0	26,2	27,3	28,4	30,6	32,6	34,8
90	18,3	21,1	22,5	23,8	26,5	28,9	31,8	26,5	27,7	28,9	30,1	32,4	34,5	36,9
95	19,3	22,3	23,8	25,2	27,9	30,5	33,6	27,9	29,2	30,5	31,8	34,2	36,4	38,9
100	20,3	23,5	25,0	26,5	29,4	32,1	35,4	29,4	30,8	32,1	33,5	36,0	38,3	41,0
105	21,3	24,6	26,3	27,8	30,9	33,7	37,1	30,9	32,3	33,7	35,1	37,8	40,2	43,0
110	22,4	25,8	27,5	29,1	32,3	35,3	38,9	32,3	33,9	35,3	36,8	39,6	42,1	45,1
115	23,4	27,0	28,8	30,5	33,8	37,0	40,7	33,8	35,4	37,0	38,5	41,4	44,0	47,1
120	24,4	28,2	30,0	31,8	35,3	38,6	42,4	35,3	36,9	38,6	40,1	43,2	46,0	49,1
135	27,6	31,7	33,8	35,8	39,7	43,4	47,2	39,7	41,6	43,4	45,2	48,6	51,7	55,3
145	29,5	34,0	36,3	38,4	42,6	46,6	51,3	42,6	44,6	46,6	48,5	52,2	55,5	59,4
155	31,5	36,4	38,8	41,1	45,6	49,8	54,8	45,6	47,7	49,8	51,9	55,7	59,4	63,5
160	32,5	37,6	40,0	42,4	47,0	51,4	56,6	47,0	49,3	51,4	53,5	57,5	61,3	65,5
165	33,6	38,7	41,3	43,7	48,5	53,0	58,3	48,5	50,8	53,0	55,2	59,3	63,2	67,6
170	34,6	39,9	42,3	45,0	50,0	54,6	60,1	50,0	52,3	54,6	56,9	61,1	65,1	69,6
180	36,6	42,3	45,0	47,7	52,9	57,9	63,6	52,9	55,4	57,9	60,2	64,7	68,9	73,7
190	38,6	44,6	47,5	50,3	55,8	61,1	67,2	55,8	58,5	61,1	63,6	68,3	72,8	77,8
205	41,7	48,1	51,3	54,3	60,2	65,9	72,5	60,2	63,1	65,9	68,6	73,7	78,5	84,0

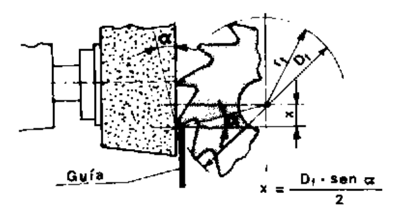
Útiles de corte	AFILADO DE LA CARA LIBRE DEL FILO DE LAS FRESAS DESPLAZAMIENTO x EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO DE LAS MUELA	TABLA 19 . 11



$$x = \frac{D_f \cdot \text{sen}\,\alpha}{2}$$

MUELA		*Desplazamiento x mm en función de D_m para α = ...*					
Diámetro	*Diámetros intermedios*	*4°*	*5°*	*6°*	*8°*	*10°*	*12°*
	40	1,4	1,7	2,1	2,8	3,5	4,2
50		1,7	2,2	2,6	3,5	4,3	5,2
	60	2,1	2,6	3,1	4,2	5,2	6,2
	70	2,4	3,1	3,7	4,9	6,1	7,3
75		2,6	3,3	3,9	5,2	6,5	7,8
	80	2,8	3,5	4,2	5,6	6,9	8,3
	90	3,1	3,9	4,7	6,3	7,8	9,4
100		3,5	4,4	5,2	7,0	8,7	10,4
	110	3,8	4,8	5,7	7,7	9,6	11,4
	120	4,2	5,2	6,3	8,4	10,4	12,5
125		4,4	5,4	6,5	8,7	10,9	13,0
	130	4,5	5,7	6,8	9,0	11,3	13,5
	140	4,9	6,1	7,3	9,7	12,2	14,6
150		5,2	6,5	7,8	10,4	13,0	15,6
	160	5,6	7,0	8,4	11,1	13,9	16,6
	170	5,9	7,4	8,9	11,8	14,8	17,7
175		6,1	7,6	9,1	12,2	15,2	18,2
	180	6,3	7,8	9,4	12,5	15,6	18,7
	190	6,6	8,3	9,9	13,2	16,5	19,8
200		7,0	8,7	10,5	13,9	17,4	20,8
	220	7,7	9,6	11,5	15,3	19,1	22,9
	235	8,2	10,2	12,3	16,4	20,4	24,4
250		8,7	10,9	13,1	17,4	21,7	26,0
	265	9,2	11,5	13,9	18,4	23,0	27,6
	280	9,8	12,2	14,6	19,5	24,3	29,1
300		10,5	13,1	15,7	20,9	26,0	31,2
	320	11,1	13,9	16,7	22,3	27,8	22,3
	335	11,7	14,6	17,5	23,3	29,1	34,8
350		12,2	15,3	18,3	24,4	30,4	36,4

Útiles de corte	AFILADO DE LA CARA LIBRE DEL FILO DE LAS FRESAS DESPLAZAMIENTO x EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO DE LA FRESA	TABLA 20 . 11



Desplazamiento x en función de D_1

Fresa Módulo	Fresa Ø mm	α = 4.°	α = 5.°	α = 6.°	α = 8.°	α = 10.°	α = 12°
1	50	1,7	2,2	2,6	3,5	4,3	5,2
1,25							
1,5	60	2,1	2,6	3,1	4,2	5,2	6,2
1,75							
2							
2,25							
2,5	65	2,3	2,8	3,4	4,2	5,6	6,8
2,75	70	2,4	3,0	3,7	4,9	6,1	7,3
3							
3,25	75	2,6	3,3	3,9	5,2	6,5	7,8
3,5							
3,75	80	2,8	3,5	4,2	5,6	7,0	8,3
4							
4,5	85	3,0	3,7	4,4	5,9	7,4	8,8
5	90	3,1	3,9	4,7	6,3	7,8	9,4
5,5	95	3,3	4,1	5,0	6,6	8,3	9,9
6	100	3,5	4,4	5,2	7,0	8,7	10,4
6,5	105	3,7	4,6	5,5	7,3	9,1	10,9
7							
8	110	3,8	4,8	5,8	7,6	9,6	11,4
9	115	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	12,0
10	120	4,2	5,2	6,3	8,3	10,4	12,5
11	135	4,7	5,9	7,1	9,4	11,7	14,0
12	145	5,1	6,3	7,6	10,1	12,6	15,1
13	155	5,4	6,8	8,1	10,8	13,5	16,1
14	160	5,6	7,0	8,4	11,1	13,9	16,6
15	165	5,8	7,2	8,6	11,5	14,3	17,2
16	170	5,9	7,4	8,9	11,8	14,8	17,7
18	190	6,6	8,3	9,9	13,2	16,5	19,8
20	205	7,2	8,9	10,7	14,3	17,8	21,3

Fresa Diam. Pitch	Fresa Equiv. módulo	Fresa Ø mm	α = 4°	α = 5°	α = 6°	α = 8°	α = 10°	α = 12°
28	0,907	50	1,7	2,2	2,6	3,5	4,3	5,2
26	0,976							
25	1,016							
24	1,058							
22	1,154							
20	1,270							
19	1,336	60	2,1	2,6	3,1	4,2	5,2	6,2
18	1,411							
17	1,494							
16	1,588							
15	1,693							
14	1,814							
13	1,953							
12	2,117							
11	2,309							
10	2,540	65	2,3	2,8	3,4	4,2	5,6	6,8
9	2,822	70	2,4	3,0	3,7	4,9	6,1	7,3
8	3,175							
7	3,629	75	2,6	3,3	3,9	5,2	6,5	7,8
6	4,233	85	3,0	3,7	4,4	5,9	7,4	8,8
5	5,080	90	3,1	3,9	4,7	6,3	7,8	9,4
4	6,350	105	3,7	4,6	5,5	7,3	9,1	10,9
3,5	7,257	110	3,8	4,8	5,8	7,6	9,6	11,4
3	8,467	115	4,0	5,0	6,0	8,0	10,0	11,0
2,75	9,236	120	4,2	5,2	6,3	8,3	10,4	12,5
2,50	10,160							
2,25	11,288	145	5,1	6,3	7,6	10,1	12,6	15,1
2	12,700	155	5,4	6,8	8,1	10,8	13,5	16,1
1,75	14,514	165	5,8	7,2	8,6	11,5	14,3	17,2
1,50	16,933	180	6,3	7,8	9,4	12,5	15,6	18,7
1,25	20,320	205	7,2	8,9	10,7	14,3	17,8	21,3

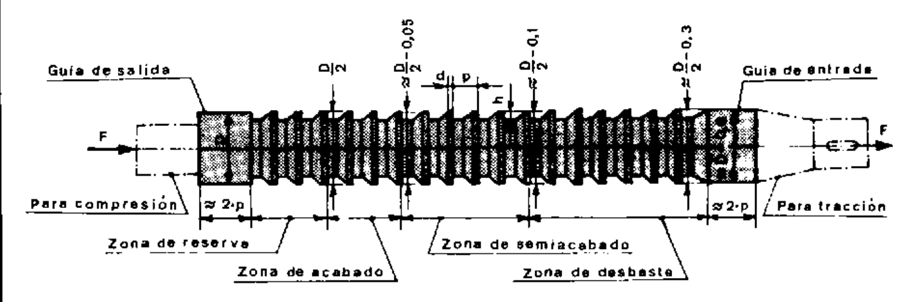
HERRAMIENTAS PARA EL BROCHADO CUERPO Y FORMA DE LAS BROCHAS

Cuerpo de la brocha

El cuerpo de la brocha se compone de una parte activa con dentado progresivo, limitada en sus extremos por las guías, anterior o de entrada y posterior o de salida respectivamente. En la parte activa se consideran las zonas de desbaste, de semiacabado, de acabado y de reserva, todas ellas menos la de reserva con dientes o espesor progresivo.

La parte del cuerpo de la brocha destinada al desbaste arranca la mayor parte del sobreespesor de la pieza que se brocha, la del semiacabado arrancando poco material iguala la superficie anteriormente trabajada por la brocha, y la zona de acabado arrancando muy poco material asegura la dimensión de la pieza con la precisión deseada; la zona de dientes de reserva asegura la continuidad de la brocha después del reafilado.

El sobreespesor a brochar no debe rebasar los 0,3 mm.



Trabajo y forma de brocha

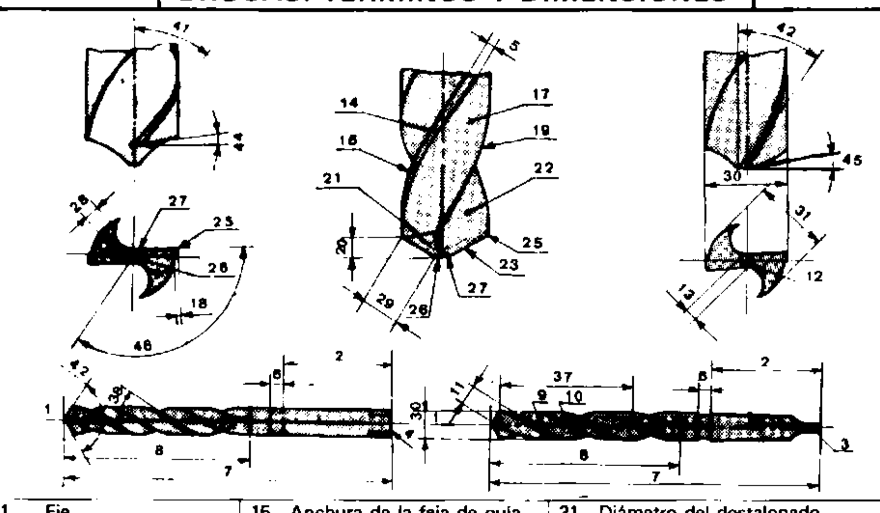
Las brochas, según el tipo de la máquina brochadora, trabajan por esfuerzo de compresión (sin pandear), o por esfuerzo de tracción; su forma ligeramente cónica en la parte activa y cilíndrica en la de reserva, con dientes anulares concéntricos o helicoidales: en las brochas rectangulares los dientes son perpendiculares u oblicuos al eje longitudinal.

λ
p
d

BROCHA PLANA

F
Fuerza de compresión
Cabeza para compresión
$\frac{D}{2}$
$\frac{D}{2}$ - 0,05
$\frac{D}{2}$ - 0,1
$\frac{D}{2}$ - 0,15
$\frac{D}{2}$ - 0,2
$\frac{D}{2}$ - 0,25
$\frac{D}{2}$ - 0,3
$\frac{D}{2}$ - 0,3
p
d
Pieza a brochar
s=0,3
D'
s=0,3
Apoyo o placa de la brochadora
Cabeza para tracción
Fuerza de tracción
F

HERRAMIENTAS PARA EL TALADRADO BROCAS. TÉRMINOS Y DIMENSIONES



1	Eje	15	Anchura de la faja de guía	31	Diámetro del destalonado
2	Mango	16	Arista de corte secundaria	32	Conicidad de la broca
2.1	Mango cónico	17	Superficie destalonada	33	Conicidad del núcleo
2.2	Mango cilíndrico	18	Valor del destalonado	34	Giro
3	Lengüeta de extracción	19	Talón	35	Corte a la derecha
4	Lengüeta de arrastre	20	Parte activa	36	Corte a la izquierda
5	Cuerpo	21	Cara de incidencia	37	Paso helicoidal
6	Cuello	22	Cara de desprendimiento	38	Ángulo de la hélice
7	Longitud total	23	Arista de corte principal	39	Ángulo de la hélice larga
8	Longitud del canal	24	Filo (cuña)	40	Ángulo de la hélice corta
9	Canal	25	Punta externa	41	Ángulo de desprendimiento lateral
10	Labio	26	Filo transversal	42	Ángulo de desprendimiento normal
11	Anchura del labio	27	Punta (de la herramienta)	43	Ángulo de la punta
12	Núcleo	28	Longitud del filo transversal	44	Ángulo de incidencia lateral
13	Espesor del núcleo	29	Longitud de la arista de corte	45	Ángulo de incidencia normal
14	Faja de guía	30	Diámetro de la broca	46	Ángulo de filo transversal

Broca con mango cónico



Broca con mango cilíndrico



Broca con plaquitas de metal duro



Material de las brocas

Acero al carbono ligeramente aleado (Cr-V)

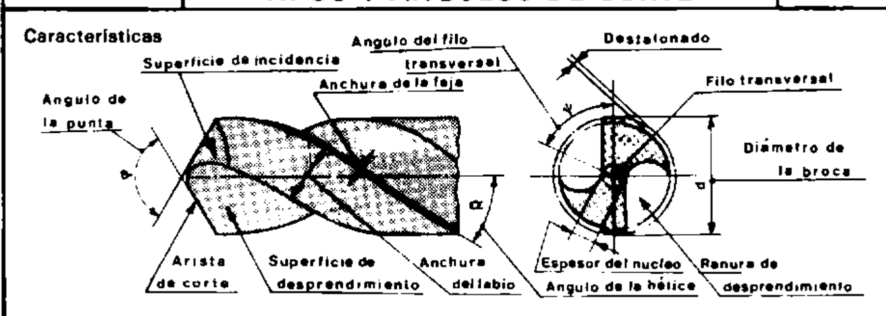
Acero rápido (V y W)

Cuerpo de acero al carbono con puntas o plaquitas de metal duro.

Dimensiones	*Extra-corta*	*Corta*	*Corriente*	*Larga*	*Extra-larga*
Diámetro d	1 - 20	0,5 - 20	3 - 100	2 - 50	5 - 50
Longitud l	6 - 66	6 - 140	33 - 280	56 - 321	74 - 510
Longitud L	26 - 131	22 - 205	114 - 534	85 - 470	155 - 765

BROCAS
TIPOS Y ÁNGULOS DE CORTE

Características



Ángulo de la hélice

Diámetro de la broca d mm.	*Ángulo de la hélice, α*		
	Broca tipo A	*Broca tipo B*	*Broca tipo C*
Hasta 0,6	16° ± 3°	—	—
de 0,6 a 1	18° ± 3°	—	—
de 1 a 3,2	20° ± 3°	10° ± 2°	35° ± 3°
de 3,2 a 5	22° ± 3°	12° ± 3°	35° ± 5°
de 5 a 10	25° ± 3°	13° ± 3°	40° ± 5°
más de 10	30° ± 3°	13° ± 3°	40° ± 5°

Aplicaciones

Materiales a taladrar		*Carga de rotura kg/mm²*	*Dureza Brinell HB*	*Tipo de broca*	*Ángulo de la punta α ± 3°*
Acero		40 a 70	115 a 205	A	118°
Acero fundido		70 a 120	205 a 350	A	130°
Acero inoxidable				A	140°
Acero austenítico				B	140°
Fundición gris			140 a 200	A	118°
			200 a 240	A	118°
			más de 240	A (B)	118°
Fundición maleable				A	118°
Latón	hasta 60 Cu			B (A)	118°
	más de 60 Cu			A	118°
Cobre	hasta 30 mm ∅ de la broca			C (A)	140°
	más de 30 mm ∅ de la broca			A	140°
Aleaciones de aluminio	Viruta larga			C (A)	140°
	Viruta corta			A	140°
Aleaciones de magnesio				B (A)	140°
Níquel				A	118°
Aleaciones de zinc				C (A)	118°
Metal antifricción				C (A)	118°
Materiales prensados	espesor ≤ diámetro			B	80°
	espesor ≥ diámetro			C	80°
Celuloide				C (A)	140°
Ebonita				B (A)	80°
Mármol, pizarra, carbón				B	80°

Los valores expresados corresponden a condiciones normales de taladrado, aunque pueden resultar influidos por otros diversos factores, como: condiciones de corte, refrigeración, estado de la máquina y capacidad de arranque de viruta. (UNE 16.121)

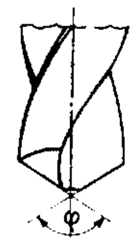
AFILADO DE LAS BROCAS

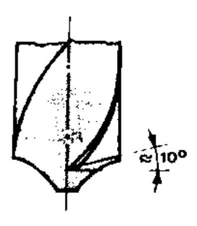
Disposiciones para el afilado de brocas

El afilado de brocas debe realizarse en la máquina afiladora, disponiendo la broca en el apoyo de guia en V, con giro de 360° para que el afilado se ejerza por igual en todo el cono de la punta de la broca, resultando iguales los ángulos de salida (despulla) de la viruta.

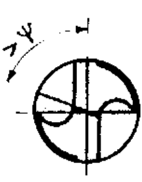
Un afilado a mano es siempre defectuoso.

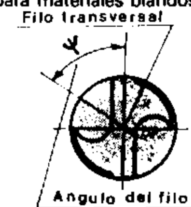
El ángulo φ de la punta de la broca debe tener por bisectriz al eje de ésta, circunstancia imprescindible para un taladrado perfecto. Para disponer el valor del ángulo φ del cono de la broca se tendrá en cuenta el material a taladrar (Tabla 22.11).

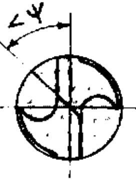




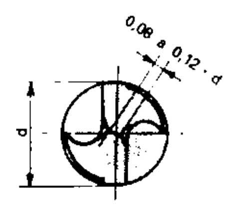
El ángulo ψ del filo transversal se hará igual a 55° para el acero; con un ángulo mayor la broca se opone a la penetración (ángulo propio para metales o materiales duros), y con un ángulo menor la broca tiende a clavarse (ángulo conveniente para materiales blandos).







Después del afilado se procederá, a mano o en máquina, con muela de plato de abrasivo fino, al adelgazamiento del alma o núcleo central, dejando el ancho del filo transversal de 0,08 a 0,12 del diámetro de la broca.



Observaciones

Antes de usar la broca afilada se comprobará si tiene los filos y ángulos convenientes. Un mal afilado produce virutas desiguales, agujero rayado (interiormente) y de diámetro superior al de la broca. Las puntas de la broca destempladas ("quemadas") serán totalmente eliminadas, cortando la broca si fuese preciso.

Si las aristas de la broca están desigualmente inclinadas tiende a desplazarse, resultando un agujero de mayor diámetro que el de la broca; un defecto de centrado de la broca en el husillo portabrocas tiene como consecuencia un agujero de mayor diámetro y la posible rotura de la broca.

Si la velocidad de giro es reducida con relación al avance puede producirse la rotura de la broca; asimismo un avance excesivo puede producir la rotura. Si el material que se taladra es muy duro o está sucio (incrustaciones) produce la rotura de los filos; se debe reducir el avance y limpiar debidamente el material. Durante el taladrado se refrigerará la broca para evitar su calentamiento.

Útiles de corte	BROCAS HELICOIDALES CON MANGO CÓNICO MORSE NORMAL MEDIDAS RECOMENDADAS	TABLA 23 . 11

Medidas recomendadas — Medidas en mm.

Diámetro d	Longitudes l	Longitudes l_1	Cono Morse n.°
3	33	114	1
3,2	36	117	
3,5	39	120	
3,8	43	124	
4			
4,2			
4,5	47	128	
4,8	52	133	
5			
5,2			
5,5	57	138	
5,8			
6			
6,2	63	144	
6,5			
6,8	69	150	
7			
7,2			
7,5			
7,8	75	156	
8			
8,2			
8,5			
8,8	81	162	
9			
9,2			
9,5			
9,8	87	168	
10			
10,2			
10,5			
10,8	94	175	
11			
11,2			
11,5			
11,8			
12	101	182	
12,2			
12,5			
12,8			

Diámetro d	Longitudes l	Longitudes l_1	Cono Morse n.°
13	101	182	1
13,2			
13,5	108	189	
13,8			
14			
14,25	114	212	2
14,5			
14,75			
15			
15,25	120	218	
15,50			
15,75			
16			
16,25	125	223	
16,5			
16,75			
17			
17,25	130	228	
17,5			
17,75			
18			
18,25	135	233	
18,5			
18,75			
19			
19,25	140	238	
19,5			
19,75			
20			
20,25	145	243	
20,5			
20,75			
21			
21,25	150	248	
21,5			
21,75			
22			
22,25			
22,5	155	253	
22,75			

Diámetro d	Longitudes l	Longitudes l_1	Cono Morse n.°
23	155	276	2
23,25			3
23,5			
23,75	160	281	
24			
24,25			
24,5			
24,75			
25			
25,25	165	286	
25,5			
25,75			
26			
26,25			
26,5			
26,75	170	291	
27			
27,25			
27,5			
27,75			
28			
28,25	175	296	
28,5			
28,75			
29			
29,25			
29,5			
29,75			
30			
30,25	180	301	
30,5			
30,75			
31			
31,25			
31,5			
31,75	185	306	
32		334	
32,5			
33			
33,5			

BROCAS HELICOIDALES CON MANGO CÓNICO MORSE NORMAL MEDIDAS RECOMENDADAS.–MEDIDAS POR CAMPOS DE DIÁMETROS

TABLA 24 . 11

Diámetro d	Longitudes l	Longitudes l_1	Cono Morse n.°	Diámetro d	Longitudes l	Longitudes l_1	Cono Morse n.°	Diámetro d	Longitudes l	Longitudes l_1	Cono Morse n.°
34	190	339	4	48	220	369	4	73	255	442	5
34,5				48,5				74			
35				49				75			
35,5				49,5				76	260	447	
36	195	344		50				77		514	6
36,5				50,5	225	374		78			
37				51		412	5	79			
37,5				52				80			
38	200	349		53				81	265	519	
38,5				54	230	417		82			
39				55				83			
39,5				56				84			
40				57	235	422		85			
40,5	205	354		58				86	270	524	
41				59				87			
41,5				60				88			
42				61	240	427		89			
42,5				62				90			
43				63				91	275	529	
43,5	210	359		64	245	432		92			
44				65				93			
44,5				66				94			
45				67				95			
45,5	215	364		68	250	437		96	280	534	
46				69				97			
46,5				70				98			
47				71				99			
47,5				72	255	442		100			

LONGITUDES POR CAMPOS DE DIÁMETROS

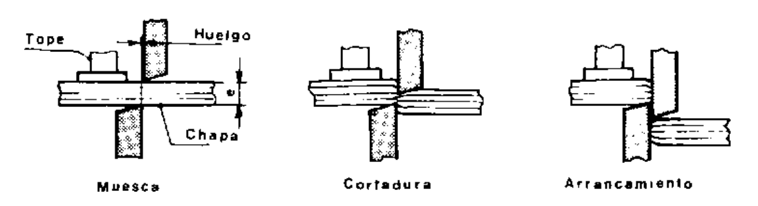
Diámetros De...	a...	Longitudes l_1	Longitudes l	Cono Morse	Diámetros De...	a...	Longitudes l_1	Longitudes l	Cono Morse	Diámetros De...	a...	Longitudes l_1	Longitudes l	Cono Morse
2,65	3	33	114	1	17	18	130	228	2	42,5	45	210	359	4
3	3,35	36	117		18	19	135	233		45	47,5	215	364	
3,35	3,75	39	120		19	20	140	238		47,5	50	220	369	
3,75	4,25	43	124		20	21,2	145	243		50	50,8	225	374	
4,25	4,75	47	128		21,2	22,4	150	248		50,8	53	225	412	5
4,75	5,3	52	133		22,4	23,02	155	253		53	56	230	417	
5,3	6	57	138		23,02	23,6	155	276	3	56	60	235	422	
6	6,7	63	144		23,6	25	160	281		60	63	240	427	
6,7	7,5	69	150		25	26,5	165	286		63	67	245	432	
7,5	8,5	75	156		26,5	28	170	291		67	71	250	437	
8,5	9,5	81	162		28	30	175	296		71	75	255	442	
9,5	10,6	87	168		30	31,5	180	301		75	76,2	260	447	
10,6	11,8	94	175		31,5	31,75	185	306		76,2	80	260	514	6
11,8	13,2	101	182		31,75	33,5	185	334	4	80	85	265	519	
13,2	14	108	189		33,5	35,5	190	339		85	90	270	524	
14	15	114	212	2	35,5	37,5	195	344		90	95	275	529	
15	16	120	218		37,5	40	200	349		95	100	280	534	
16	17	125	223		40	42,5	205	354		100	106	285	539	

CUCHILLAS PARA CORTE DE CHAPAS

Operación de corte

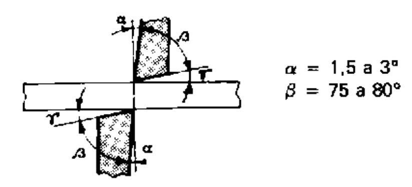
La operación de corte consiste en hacer que se deslicen dos porciones de un cuerpo, que son separadas por la acción de las cuchillas; las cuchillas primeramente provocan el alargamiento de las fibras de la chapa hasta que se produce la rotura, iniciada por una incisión seguida de la cortadura o arrancado de las fibras.

Las aristas cortantes de las láminas o cuchillas han de ser vivas, y el juego entre las mismas muy reducido, de acuerdo con el esfuerzo cortante, para que las secciones resulten lisas y sin rebabas.



Ángulo de corte

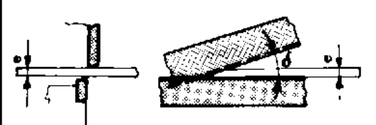
El ángulo de corte está formado por las dos caras de la cuchilla con la arista cortante como vértice; su valor inferior a 90° hace disminuir la resistenciade la arista cortante y facilita la sección del material de corte, haciendo que esta sección sea limpia (sin arrugas) y vertical. Para facilitar el corte se dispondrá un tope sobre la chapa para que ésta no se levante. El valor del ángulo de corte se hace de acuerdo con el material de las cuchillas y el de la chapa que se corta; normalmente se hace:



α = 1,5 a 3°
β = 75 a 80°

Ángulo de ataque

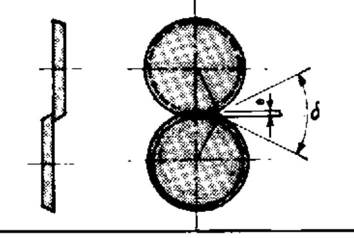
El ángulo de ataque δ lo forman las aristas cortantes; con un ángulo de ataque $\delta = 0°$ es preciso un esfuerzo cortante grande, que se reduce a medida que δ crece dentro de determinados límites, llegando a ser aquel igual a una cuarta parte para un ángulo adecuado; se hace:



δ = 2 a 6° para cizallas mecánicas de cuchillas largas.
δ = 5 a 10° para cizallas mecánicas de cuchillas cortas.
δ = 15 a 20° para cizallas mecánicas de cuchillas muy cortas (percusión).
δ = 10 a 15° para cizallas accionadas a mano (de palanca).

Dimensiones y material de las cuchillas

Considerando el espesor $e_{máx}$ de la chapa de acero dulce a cortar, normalmente se dispone:



Espesor de las cuchillas, E = $e_{máx}$ + 5 mm
Ancho de las cuchillas, A = 6 a 8 · E
El diámetro de las cuchillas circulares, se hace:

D = 25 a 30 · $e_{máx}$

Para la fabricación de cuchillas de corte se toman los materiales siguientes:
Acero al carbono duro (de herramientas) para metales blandos.
Acero rápido para el corte de chapas de acero semiduro.
Metal duro para el corte de aceros muy duros y templados.

PUNZONES PARA CORTE DE CHAPAS

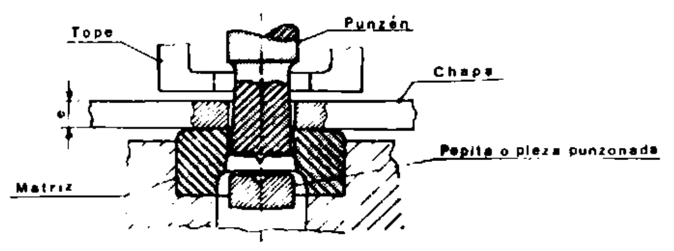
Operación de punzonado

El punzonado es una operación de corte cerrado, mayormente de forma circular, para producir agujeros en chapas y perfiles laminados, que servirán para que por medio de elementos de unión (roblones y tornillos) se formen piezas o estructuras (calderería); en otros casos, mediante el corte por medio de punzones y matrices de forma, se obtendrán piezas cortadas para usos diversos (matricería).

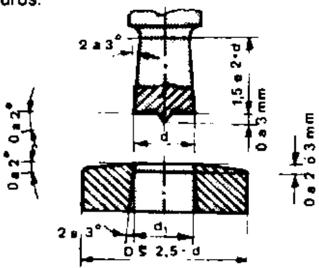
El material punzonado sufre primeramente la presión o golpe de cortadura y después es arrancado. Cuando el espesor de la chapa punzonada es grande, las paredes de los agujeros punzonados no son muy lisas, presentando ligeras grietas, por lo que en trabajos de calderería no se debe proceder a la unión de las piezas punzonadas sin haber sometido a los agujeros después del montaje a un proceso de escariado, que dejará el agujero al diámetro conveniente, liso y sin grietas.

Punzón y matriz

El juego o huelgo entre el punzón y la matriz, de formas circulares u otras, será el adecuado según el material a punzonar. El punzón para agujeros circulares está previsto de una protuberancia cónica (punto) ligeramente saliente y centrada, que deberá coincidir con el hueco también cónico producido en la chapa por un golpe de granete y que señala el centro del agujero. La forma del punzón es troncocónica correspondiendo el diámetro mayor al de corte, facilitando esta disposición el corte o punzonado así como también la salida del punzón del agujero efectuado. La matriz, asimismo tendrá sus paredes ligeramente inclinadas o cónicas hacia afuera para permitir la salida del material cortado; estas funciones se facilitan con un lubricado adecuado, grasiento para el punzonado de chapas de acero, jabonoso para el cobre y latón, y con petróleo o vaselina para chapas de aluminio.



La superficie de corte (inferior) del punzón tiene un ángulo de 0 a 2°; la inclinación o pendiente de las paredes es de 2 a 3°. El ángulo libre de la matriz también se hace de 2 a 3°, y empezará la inclinación muy próxima al borde cortante para punzonado de materiales blandos, o 2 a 3 mm por debajo del borde en el punzonado de materiales duros.



La holgura lateral entre la matriz y el punzón (perfectamente centrados), se hace: $(d_1 - d)/2 = e/20$, $(d_1 - d)/2 = e/16$ y $(d_1 - d)/2 = 12$, para punzonado de materiales blandos, semiduros y duros, respectivamente.

El material para el punzón y matriz, se toma:

Para el punzonado de materiales blandos, acero al carbono (de herramientas) templado.

Para punzonado de materales de acero, acero rápido.

El espesor de la chapa de acero a punzonar, será:

$$e_{máx} = 3/4 \text{ a } 2/3 \cdot d$$, según la dureza de la chapa (d = diámetro del agujero).

CINCELES Y BURILES

Aplicación de los cinceles y buriles

El cincel como útil de corte se caracteriza por su amplio corte recto; el buril puede considerarse como un cincel de corte reducido, más amplio que su espacio posterior para facilitar su salida en trabajos de ranurado profundo.

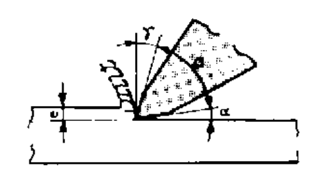
La gubia es un cincel o buril con el corte redondeado (convexo).

El cincel y buril se utiliza para realizar trabajos de corte, achaflanado, desbarbado, ranurado, planeado, etc. de materiales, principalmente metálicos más o menos duros.

Ángulos de corte

Como en otras herramientas o útiles de corte, se considera:

El ángulo libre α
El ángulo de corte β
El ángulo de salida γ



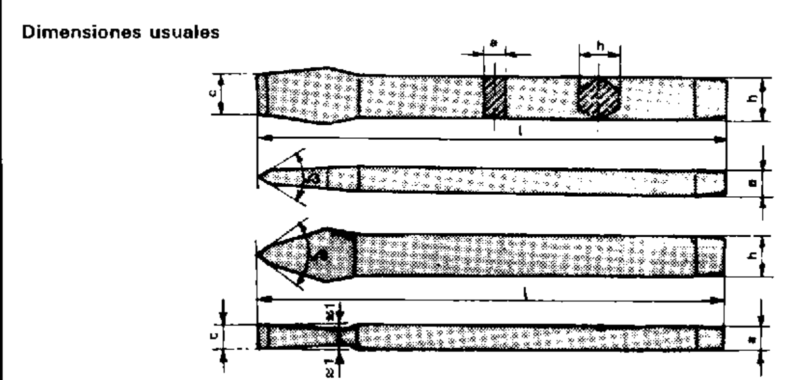
El valor del ángulo de corte β depende de la dureza del material que se ha de cortar, y se hace:

β = 30 a 40° para metales ligeros o blandos.
β = 50 a 60° para acero dulce o semiduro.
β = 60 a 70° para materiales duros y fundiciones de hierro.

El espesor de corte e para cincelado a mano no debe ser superior a 1 mm.

El material para fabricación de cinceles o buriles será el acero al carbono de herramientas o el acero rápido al cromo-vanadio, templados.

Dimensiones usuales



CINCELES								
Sección	*Longitud l*	*150*	*180*	*200*	*220*	*250*	*300*	*350*
Rectangular	h × a	18 × 9	18 × 9	20 × 10	20 × 10	25 × 12	25 × 12	25 × 12
	Corte, c	20	20	23	23	27	27	27
Exagonal	h	12	12	14	14	16	18	18
	Corte, c	17	17	19	19	20	22	22

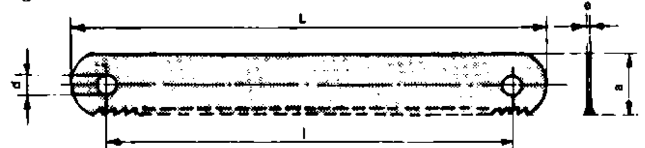
BURILES								
Sección	Longitud l	150	180	200	220	250	300	350
Rectangular	h × d	18 × 9	18 × 9	20 × 10	20 × 10	25 × 12	27 × 12	27 × 12
	Corte, c	9	9	10	10	12	12	12
Exagonal	h	12	12	14	14	16	18	18
	Corte, c	7	7	8	8	9	10	10

Disposición de las hojas de sierra

Las hojas de sierra rectas para el corte de metales a mano o a máquina se caracterizan, por su longitud (distancia entre los centros de los agujeros de fijación), por el paso o distancia entre dos dientes consecutivos, y por la disposición de los dientes (triscados u ondulados).



Las hojas de las sierras pueden tener uno de sus lados (del ancho) dentado, o los dos; los agujeros de fijación están a igual distancia de los extremos.



Dimensiones y aplicación — Dimensiones en mm. (De UNE 16.534-82)

Utilización	*l ± 2*	*a*	*e*	*Dentado*		*L*	*d*
				Paso p	*Dientes en 25 mm*	*máx*	*H 14*
Corte a mano	300	13	0,65	0,8	32	315	4
				1,0	24		
				1,4	18		
Corte a máquina	300	25	1,25	1,8	14	330	8,2
				2,5	10		
	350	25	1,25	1,8	14	380	8,2
				2,5	10		
		32	1,60	2,5	10		
				4,0	6		
	400	32	1,60	2,5	10	430	8,2
				4,0	6		
		40	2,00	4,0	6		
				6,3	4		
	450	32	1,60	2,5	10	485	10,2
				4,0	6		
		40	2,00	4,0	6		
				6,3	4		

ORIENTACIONES PARA EL CORTE

Material a serrar	*Dientes por 25 mm*	*Cortes por minuto*	*Lubricante*	*Material a serrar*	*Dientes por 25 mm*	*Cortes por minuto*	*Lubricante*
Acero de herramientas	6-10	90	A 4-8%	Latón duro	6-10	130	A 4%
Acero de construcción	6-10	130	A 4-8%	Bronce	6-10	130	A 4%
Acero laminado en frío	4-6	130	A 4-8%	Bronce al manganeso	6-10	90	A 4%
Acero rápido	6-10	90	C	Cobre	4-6	130	—
Fundición	6-10	90	—	Tubos de acero	14	130	A 4%
Aluminio	4-6	150	—	Tubos de hierro	10-14	130	—
Latón blando	6-10	150	A 4%	Tubos de latón	14	130	—

Lubricantes: A = Aceite solubre; C = aceite de corte.

Material

Acero al carbono; acero al cromo-wolframio; acero rápido.

Observaciones. — Las sierras se fijarán correctamente, y se tensarán adecuadamente.
Se utilizarán las sierras en toda la longitud posible.
No se introducirá una sierra nueva en el corte iniciado por otra sierra gastada.
No se utilizará la misma sierra para el corte de metales muy diferentes.

Hojas para sierras de cinta

Las hojas para sierras de cinta se suministran en rollos (de 30 metros de longitud), de los que se cortan trozos de longitud correspondiente al tipo de sierra, variable según el diámetro de los volantes y su separación. Los extremos se fijan por soldadura fuerte (plata o cobre).

Los anchos de las hojas varían de 4 a 25 mm; el espesor de 0,65 a 0,95 mm, y de 3 a 30 dientes por cada 25 mm (1").

Ancho mm.	*Grueso mm.*	*Número de dientes en 25 mm (1")*									
		3	*4*	*6*	*8*	*10*	*12*	*14*	*18*	*22*	*30*
4	0,65	—	—	—	—	O	O	O	O	O	O
6	0,65	—	—	—	O	O	O	O	O	O	O
8	0,65	—	—	O	O	O	O	O	O	O	O
10	0,65	—	O	O	O	O	O	O	O	O	O
12	0,65	—	O	O	O	O	O	O	O	O	O
15	0,65	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
20	0,85	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
25	0,90	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O

Aplicación

ORIENTACIONES PARA EL CORTE

Material a serrar	Espesor de la pieza o barra, mm						Velocidad de corte m/min.
	2	2-10	10-30	30-80	80-150	> 150	
	Dientes en 25 mm (1")						
Acero de 40 a 70 kg/mm²	30-22	22-18	18-14	10-8	6-4	4-3	40-60
Acero de 70 a 120 kg/mm²	30-22	22-18	18-14	10-8	8-6	6-4	20-30
Acero rápido	30-22	22-18	18-14	10-8	8-6	6-4	15-25
Fundición gris	—	22-18	18-14	10-8	6	6	25-40
Cobre	18	10	8	6-4	4-3	3	70-120
Latón	22	14-10	8	6-4	4-3	3	100-150
Bronce	22	18	14	10-8	6-4	3	70-100
Aluminio, magnesio	22	10	8	6-4	4-3	3	200-400

Hojas de sierra circulares

Se fabrican hojas de sierra de acero rápido con dientes tallados y triscados y hojas de sierra de acero con dientes postizos de acero rápido o de metal duro.

DIÁMETROS NORMALIZADOS DE LAS HOJAS DE SIERRA

∅ Milímetros... 250 - 315 - 400 - 500 - 630 - 800 - 1000, y más

Aplicación

ORIENTACIONES PARA EL CORTE

Material a serrar	*Capacidad de corte cm².*	*Velocidad de corte m/min.*	*Ángulo de salida del diente γ grados*
Acero de 40 a 70 kg/mm²	100-150	18-20	20
Acero de 70 a 120 kg/mm²	50-80	10-14	18
Acero rápido	30-50	8-10	15
Fundición gris	80-125	12-18	15
Cobre	400-800	100-200	25
Latón	500-1000	150-300	22
Bronce	300-600	80-120	20
Aluminio, magnesio	500-800	300-500	28

LIMAS DE USO NORMAL

Tallado y aplicación

El tallado de las limas está formado por un gran número de picaduras o dientes semejantes a buriles; la talla puede ser sencilla recta u oblicua, y cruzada de tallados diferentes (superior e inferior).

Las limas según el grosor o altura del picado y paso de éste, para su aplicación se clasifican:

a) Limas bastas. – Utilizadas para el limado de materiales blandos, trabajos toscos y grandes superficies; el espesor a limar es igual o mayor que 0,5 mm.

b) Limas semifinas. – Utilizas para el trabajo de limado de materiales duros y pequeñas superficies; el espesor a limar suele ser de 0,2 a 0,5 mm.

c) Limas finas. – Para trabajo de acabado de limado; espesor a limar igual o menor que 0,2 mm.

LIMAS DE USO NORMAL

Aplicación	*Sección*	*Formas de las limas*	*Denominación*
Limado corriente			Plana punta
			Plana paralela
			Mediacaña
			Redonda
			Triangular
			Cuadrada
			Plana delgada
			Cuchillo
			Media caña para tuberos
Limado de precisión			Triangular
			Plana
Limado de acabado			Plana
			Plana punta torneros

DIMENSIONES Y TALLA DE LAS LIMAS

Denominación	*Dimensiones en milímetros y pulgadas*							*Talla*			
	100-4″	*125-5″*	*150-6″*	*200-8″*	*250-10″*	*300-12″*	*350-14″*	*Basta*	*Semifina*	*Fina*	*Bordes tallados*
Planta punta	o		o	o	o	o	o	o	o	o	2
Plana paralela	o		o	o	o	o	o	o	o	o	1
Mediacaña	o		o	o	o	o	o	o	o	o	2
Redonda	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	
Triangular	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	3
Cuadrada	o	o	o	o		o	o	o	o	o	
Plana delgada	o		o	o	o			o	o	o	2
Cuchillo				o	o			o	o	o	2
Media caña tuberos				o	o		o	o	o	o	2
Triangular				o	o			o	o	o	3
Plana				o	o			o	o	o	1
Plana			o	o	o	o		o	o	o	2
Plana torneros					o	o		o			

LIMAS PARA AFILADO DE SIERRAS, Y DE AGUJA, ESCOFINAS Y RASPAS

Limas diversas

Además de las limas especificadas en la página anterior, son de uso normal las limas para el afilado de sierras, las limas de aguja para trabajos finos en espacio reducido, las escofinas normalmente utilizadas para el trabajo de la madera y materiales no metálicos y las raspas o limas con ángulo de corte superior a 90° (en total) propias para el raspado de materiales blandos (cuero, etc.).

Sección	*LIMAS PARA AFILADO DE SIERRAS*	*Denominación*
		Triangular extra delgada
		Triangular delgada
		Triangular normal
		Triangular pesada
		Redonda paralela
		Semirredonda
		Triangular doble
		Redonda para sierras de cadena

La longitud de estas limas varía de los 75 mm (3") a 250 mm (10"), siendo fino su picado y el material muy duro, para poder efectuar el limado de los dientes de las sierras.

Sección	*LIMAS DE AGUJA*	*Denominación*
		Punta plana
		Redonda
		Cuadrada
		Media-caña
		Triangular
		Plana paralela

La longitud de estas limas de 160 mm y el diámetro del mango 3,1 mm (pueden ser de dos puntas).

Sección	*ESCOFINAS Y RASPAS*	*Denominación*
		Media-caña carpintero
		Media-caña ebanista
		Plana punta
		Redonda
		Raspa zapatero
		Raspa herrero
		Raspa herrero con espiga

Longitudes de 150 a 350 mm (6" a 14") y calidades basta, entrefina y fina.

PRODUCTOS ABRASIVOS AGLOMERADOS

Abrasivos obtenidos por proceso de fabricación

Los abrasivos obtenidos por proceso de fabricación, como los naturales se caracterizan por ser muy duros y frágiles; los principales son:

a) El diamante, que es el más duro de los abrasivos; se utiliza para el rectificado de los carburos cementados, del vidrio, de la cerámica, y del acero para herramientas templado. Dureza en la escala de Mohs = 10.

b) El borazón (nombre comercial del nitruro de boro), es un abrasivo artificial particularmente afectivo para el rectificado de aceros para herramientas. Dureza > 9.

c) Los abrasivos a base de óxido de aluminio; se emplean para el rectificado del acero normal y aleado que se halla en estado blando o tratado. Dureza algo mayor que 9.

d) Los abrasivos de carburo de silicio, que se eligen para el hierro fundido, metales no férreos, y materiales no metálicos. Dureza = 9.

Aglomeración de los abrasivos

Los principales aglomerantes de abrasivos que se emplean en la fabricación de muelas, son:

Los vitrificados, muy empleados, por su gran resistencia, no son afectados por el agua ni por los compuestos químicos refrigerantes; resisten elevadas temperaturas. Son sensibles a los impactos.

Los resinoides, que se emplean para muelas sometidas a impactos, cargas repentinas y fuertes velocidades de trabajo; son flexibles.

Los de caucho (goma), más flexibles que los resinoides; se emplean para soportar fuentes y repentinos incrementos de carga. Se utilizan corrientemente para muelas de tronzar.

Los metálicos, cuyo empleo generalizado es en las muelas de diamante.

Especificaciones de las muelas

La designación de las especificaciones de las muelas, implica siete símbolos, en el orden siguiente:

0 – Tipo de abrasivo, propio del fabricante (facultativo).
1 – Naturaleza del abrasivo.
2 – Grosor o tamaño del grano.
3 – Grado o dureza.
4 – Estructura (facultativo).
5 – Naturaleza del aglomerante.
6 – Tipo de aglomerante, propio del fabricante (facultativo).

Naturaleza del abrasivo

Se designa A para los abrasivos aluminosos y B para los carburos de silicio (BC para el borazón).

Grosor del grano

Es designado por números (correspondientes a las mallas de tamizado), especificando:

Grueso – 8, 10, 12, 14, 16, 20, 24.
Mediano – 30, 36, 46, 54, 60.
Fino – 70, 80, 90, 100, 120, 150, 180.
Muy fino – 220, 240, 280, 320, 400, 500, 600.

Grado de dureza

El grado de dureza del más blando al más duro, es designado por una letra del alfabeto de la A a la Z. La A corresponde al más blando y la Z al más duro; se especifica:

Muy blanda – D, E, F, G.
Blanda – H, I, J, K.
Media – L, M, N, O.
Dura – P, Q, R, S.
Muy dura – T, U, V, W, X, Y, Z.

Estructura

La estructura es propia del fabricante, designándose por un número (1 a 14), especificándose:

Compacta – 0, 1, 2, 3.
Media – 4, 5, 6, 7.
Porosa – 8, 9, 10, 11.
Muy porosa – 12, 13, 14.

Naturaleza del aglomerante

El aglomerante contiene a los granos abrasivos dispuestos irregularmente en su masa; se designa:

V = Vitrificado cerámico.
S = Silicato.
R = Caucho.
RF = Caucho con armadura de tejido incorporada.
B = Resina sintética.
E = Goma laca.
Mg = Magnesio.

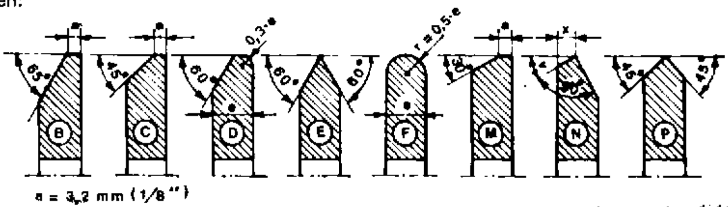
Formas típicas de las muelas

Según la Norma UNE 16.300-75 se consideran siete formas típicas de muelas de abrasivo (la Norma americana ANSI B14.2 - 74 considera 13 formas, siete de ellas coincidentes con las consideradas por la UNE).

TIPO	*SECCIÓN*	*APLICACIÓN*
1		**Muela plana** Rebabado a mano. Tronzado. Rectificado cilíndrico interior y exterior. Rectificado cilíndrico sin centros. Rectificado manual periférico. Afilado de herramientas.
5		**Muela plana con escote** Rectificado cilíndrico entre puntos. Rectificado cilíndrico sin centros. Rectificado cilíndrico de interiores. Rectificado superficial.
6		**Muela en forma de vaso** Muela para el rectificado lateral. Amolado con máquinas manuales (aglutinante orgánico). Afilado de herramientas.
7		**Muela con escote en las dos caras** Rectificado cilíndrico entre puntos. Rectificado cilíndrico sin centros. Rectificado superficial. Afilado de herramientas.
11		**Muela en forma de copa** Muela para el rectificado lateral. Afilado de herramientas (fresas, escariadores, etc.).
12		**Muela en forma de plato** Afilado de herramientas por el lado lateral o frontal.
27		**Disco de centro embutido** Rectificado con máquinas portátiles. Tronzado utilizando el borde como cara de corte.

Muelas no cilíndricas

Se fabrican, normalizadas (UNE), ocho tipos o perfiles particulares (que coinciden con otros tantos de la Norma americana); los símbolos de estas fresas y la forma de los bordes se representa en las figuras que siguen:

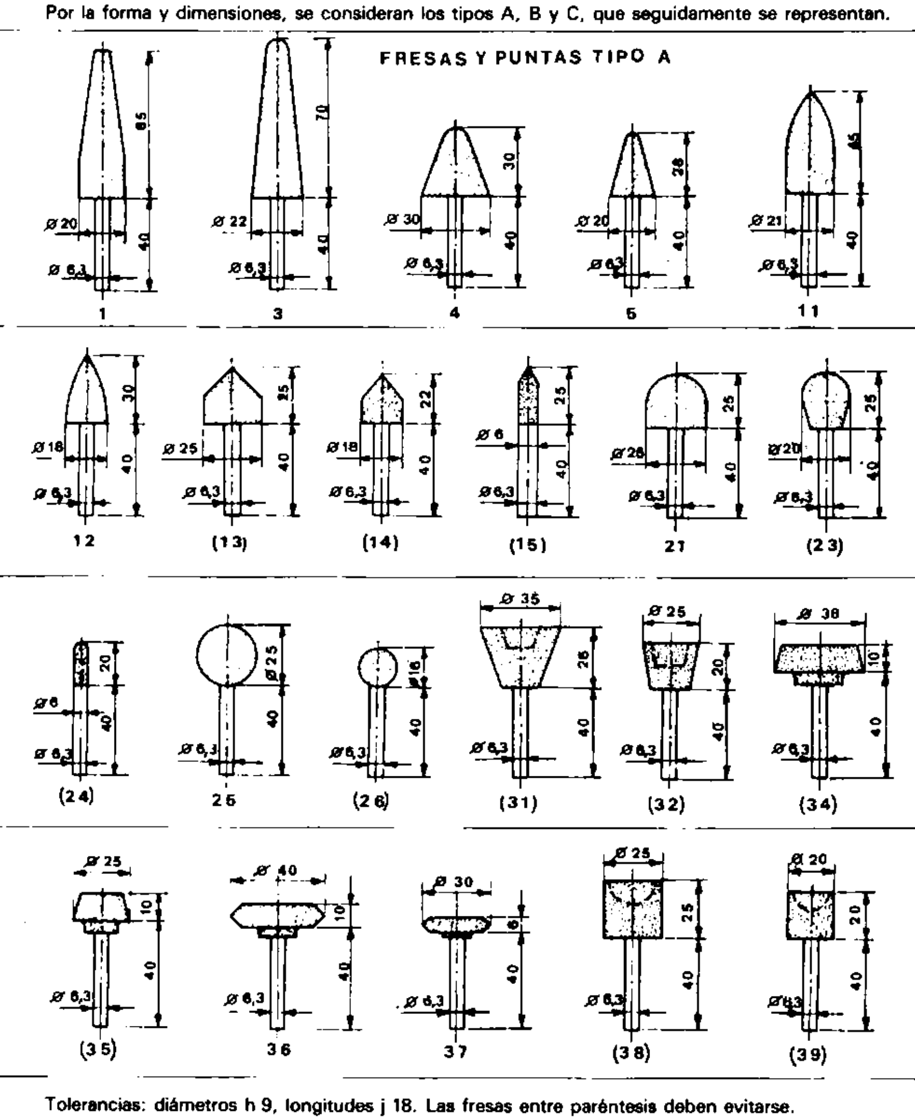


Aplicación y tipos

Las muelas y puntas montadas sobre vástagos están normalizadas; se emplean para rectificado manual de lugares de difícil acceso para las de forma cilíndrica (página anterior). Los granos son de óxido de aluminio o de carburo de silicio, empleándose las de óxido de aluminio para los aceros duros y templados, y las de carburo de silicio para el hierro fundido, para el bronce y otros metales no férreos.

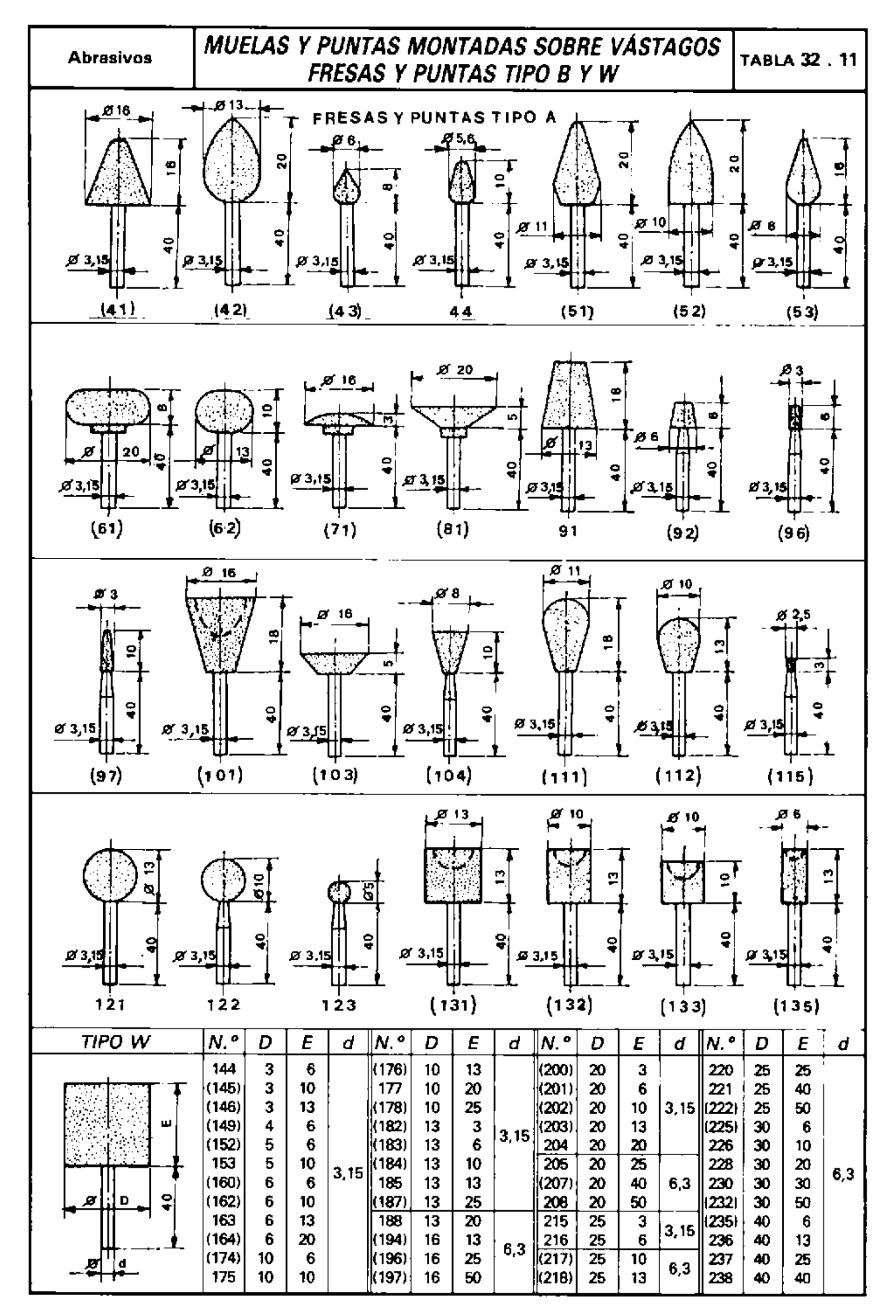
Las velocidades de giro de estas muelas y puntas varían de 35.000 a 150.000 r.p.m. si bien, resultan limitadas por la velocidad crítica, que varía según el diámetro de la fresa, del árbol, y de la proporción suelta de éste.

Por la forma y dimensiones, se consideran los tipos A, B y C, que seguidamente se representan.



Tolerancias: diámetros h 9, longitudes j 18. Las fresas entre paréntesis deben evitarse.

MUELAS Y PUNTAS MONTADAS SOBRE VÁSTAGOS FRESAS Y PUNTAS TIPO B Y W



TIPO W	N.º	D	E	d	N.º	D	E	d	N.º	D	E	d	N.º	D	E	d
	144	3	6		(176)	10	13		(200)	20	3		220	25	25	
	(145)	3	10		177	10	20		(201)	20	6		221	25	40	
	(146)	3	13		(178)	10	25		(202)	20	10	3,15	(222)	25	50	
	(149)	4	6		(182)	13	3		(203)	20	13		(225)	30	6	
	(152)	5	6		(183)	13	6	3,15	204	20	20		226	30	10	
	153	5	10		(184)	13	10		205	20	25		228	30	20	
	(160)	6	6	3,15	185	13	13		(207)	20	40	6,3	230	30	30	6,3
	(162)	6	10		(187)	13	25		208	20	50		(232)	30	50	
	163	6	13		188	13	20		215	25	3	3,15	(235)	40	6	
	(164)	6	20		(194)	16	13		216	25	6		236	40	13	
	(174)	10	6		(196)	16	25	6,3	(217)	25	10	6,3	237	40	25	
	175	10	10		(197)	16	50		(218)	25	13		238	40	40	

Abrasivos	MUELAS DIAMANTADAS	TABLA 33 . 11

Caracterización

Las muelas de diamante constituyen una clase o tipo especial, en las que los elementos abrasivos son granos de diamante fijados por el aglomerante formando una capa sobre la cara de trabajo de un núcleo de material no abrasivo. Normalmente se aplican en el rectificado de carburos cementados, así como en el corte y tronzado del germanio y silicio.

La Norma ANSI B74.1 - 1966 especifica diez formas básicas del núcleo de la muela, con aplicación de la capa de abrasivo de diamante, como se indica en las figuras que siguen.

1	1. —*Aplicación periférica del diamantado* La sección diamantada se sitúa en la periférica del núcleo no abrasivo a todo lo ancho de la muela. El grosor de la capa diamantada puede ser superior, igual o menor que el cubo de la muela.
2	2. —*Aplicación lateral del diamantado* La sección diamantada se sitúa en la cara lateral de la muela, formando, un anillo o corona circular de diámetro exterior igual al del núcleo no abrasivo.
3	3. —*Aplicación del diamantado en las dos caras laterales* Como en el caso anterior (2), la sección diamantada, por coronas circulares, se sitúan en ambas caras laterales de la muela (una en cada una).
4	4. —*Aplicación en la parte interior, achaflanada o en arco* La sección diamantada se sitúa en la parte lateral de la muela, desde la parte más alta del chaflán o arco hasta un punto más bajo situado hacia el centro.
5	5. —*Aplicación en la parte exterior achaflanada o en arco* La sección diamantada se sitúa sobre un chaflán o arco situado en una de las caras laterales cubriéndola totalmente (desde la parte exterior más baja hasta la interior más alta).
6	6. —*Aplicación periférica parcial del diamantado* La sección diamantada que forma un anillo circular está situada sobre la periférica de la muela; su ancho es inferior al de la muela, y no alcanza a ninguno de los bordes.
7	7. —*Aplicación parcial de una cara* La sección diamantada de forma de anillo circular, se sitúa sobre una de las caras, sin alcanzar el borde exterior, pudiendo alcanzar el interior.
8	8. —*Total o plena* La muela está constituida, en su totalidad, por material abrasivo diamantado.
9	9. —*Aplicación en una esquina o borde de la muela* La sección diamantada de forma de corona circular, se sitúa periféricamente formando un borde o esquina de la muela, sin llegar a la otra.
10	10. —*Aplicación anular interior* Un anillo circular formado por material abrasivo diamantado, está situado en la parte central del núcleo, comprendiendo toda su altura o espesor.

DESIGNACIÓN DE LOS PRODUCTOS ABRASIVOS AGLOMERADOS

Especificaciones

La designación completa de un producto aglomerado comprende, en el orden siguiente, las indicaciones de forma y dimensiones así como las características de la naturaleza interna del producto.

Ejemplo:

Forma: Tipo 1
Dimensiones: 300 × 40 × 32
Especificación: 51 A — 36 — L — 5 — V 32

Muelas planas — Muelas en forma de plato — Muelas de centro embutido

Se escribirá sucesivamente y por este orden:

Tipo: 1 para muelas sin encastres; 5 y 7 para muelas con uno o dos encastres respectivamente; 12 para muelas forma de plato; 27 para las muelas de centro embutido.

Las tres dimensiones: diámetro exterior × espesor × diámetro interior (D × E × d).

Se anotará si es preciso, debajo del número del tipo, la letra que simboliza el perfil de las muelas planas de forma no cilíndrica.

Debajo de las tres dimensiones principales, el número, el diámetro y la profundidad de los encastres.

Ejemplo:

Tipo 7 300 × 50 × 127
F2 — 190 × 6

Muelas en forma de copa

Tipo 6 para las muelas de forma vaso; tipo 11 para las muelas de forma copa.

Las tres dimensiones: diámetro exterior × espesor × diámetro interior (D × E × d). Para las muelas de forma de copa, los diámetros D, D_1 separados por una barra inclinada.

Por debajo de las tres dimensiones principales y por orden el espesor del borde y el espesor del fondo, que se designan respectivamente el borde B y el fondo F.

Ejemplos:

Vaso: Tipo 6 — 125 × 50 × 22,23
B 25 E_1 20

Copa: Tipo 11 — 125/100 × 50 × 22,23
B25 $E_1$20

Cilindros o aros abrasivos

Se escribirá sucesivamente y por orden:

El tipo (Tipo 2); el diámetro y el espesor separador por el signo de multiplicar, D × E.

El espesor del borde, precedido por la letra convencional que lo designa.

Ejemplo:

Tipo 2 — 400 × 125 × 840

Bloques y limas

Para evitar toda confusión con las dimensiones de las muelas, se escribirá sucesivamente las tres dimensiones en el orden siguiente:

Altura × anchura × longitud

Para los segmentos de muelas de sección trapezoidal, se darán las dos anchuras separadas por una barra inclinada.

Marcado de las muelas

Un ejemplo de marcado completo de las especificaciones de una muela se expresa en el ejemplo siguiente:

ORDEN DE INSCRIPCION	0	1	2	3	4	5	6
	Tipo de abrasivo	Naturaleza de abrasivo	Grosor del grano	Grado	Estructura	Naturaleza del aglomerante	Tipo de aglomerante
Ejemplo	51	A	36	L	5	V	32

A: Abrasivo aluminoso
36: Grado mediano
L: Grado medio
5: Estructura media
V: Vitrificado

Los símbolos 0 y 6 son propios del fabricante.

Las especificaciones según la página anterior (Productos abrasivos aglomerantes).

Abrasivos	APLICACIÓN DE LAS MUELAS DE ABRASIVO AGLOMERADO	TABLA 34 . 11

MUELAS PARA AFILADO DE ÚTILES (Aglomerante cerámico)

Material de los útiles	Muelas planas			Muelas de vaso, plato		
	Abrasivo	Grano	Grado	Abrasivo	Grano	Grado
Acero de útiles	A	46-80	L-M	A	24-46	L
Acero rápido	A	46-80	K-M	A	24-46	K
Metal duro	BC	60-120	G-J	BC	36	J-K
	D	50-100*	metálico	BC	80	I-J

* Grosor de los granos de diamante en micrones.

MUELAS PARA RECTIFICADO EXTERIOR, INTERIOR Y PLANO (Aglomerante cerámico)

Material a rectificar	Abrasivo	Exterior		Interior		Plano	
		Grano	Grado	Grano	Grado	Grano	Grado
Acero no templado 40 a 70 kg/mm²	A	46-60	M	46-80	J-M	24...46	K
Acero templado	A	46-60	L-K	46-80	H-L	30...46	I J
Acero rápido templado	A-B	46-60	I-K			30...46	G-J
Metal duro	BC	60-80	H			50...60	G-H
Fundición	A-B	46-60	I-J	36-80	H-K	30...46	I-J
Aleaciones ligeras	B	46-60	I*			20...36	I*

* Muela con aglomerante de baquelita.

VELOCIDAD PERIFÉRICA DE LAS MUELAS

Aglomerante	Velocidad, v m/seg.
Vitrificado	25...30
Silicoide	35
Resinoide Caucho Goma laca	45...80
Metálico (muelas de diamante)	12...22

Clase de trabajo	Velocidad, v m/seg.
Desbastado	25...30
Afinado	25...30
Amolado interior	20...35
Tronzado	80
Amolado a mano	25

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \times 60}; \quad n = \frac{v \cdot 1000 \times 60}{\pi \cdot d}, \text{ siendo}$$

v = velocidad periférica (m/seg).
n = número de vueltas de la muela por minuto
d = diámetro de la muela en mm.

VELOCIDAD PERIFÉRICA DE LA PIEZA (M/MIN)

Material de la pieza	Rectificado exterior		Rectificado interior		Aplanado	
	Desbastado	Acabado	Desbastado	Acabado	Desbastado	Acabado
Acero dulce	18...25	12...20	18...24	12...18	5...10	3...8
Acero templado	15...22	10...18	15...20	8...12	8...12	5...8
Fundición	25...35	20...30	20...24	8...12	2...8	2...5
Cobre, latón, bronce	30...40	25...35	20...24	15...18	5...10	5...15
Aleaciones ligeras	40...50	30...40	30...40	20...30	3...8	2...6

VELOCIDAD DE AVANCE LONGITUDINAL

Desbastado ..... 2/3...3/4 del ancho de la muela, por revolución de la pieza.
Acabado .... 1/4...1/3 del ancho de la muela, por revolución de la pieza.
Superacabado ... 0,5 m/min.

PROFUNDIDAD DEL PASO DE LA MUELA, EN MM.

Material	Rectificado exterior		Rectificado interior	
	Desbastado	Acabado	Desbastado	Acabado
Aceros	0,02...0,04	0,005...0,02	0,01...0,02	0,005
Fundiciones	0,03...0,08	0,01 ...0,02	0,01...0,03	0,005

SOBREESPESOR PARA EL TRABAJO DE RECTIFICADO

La cantidad (espesor) de material arrancado en el rectificado de una pieza, depende de su dimensión (la rectificada) y de la calidad del material; se admite generalmente:

0,2...0,5 del diámetro como sobreespesor para el desbastado
0,01...0,05 mm de más del diámetro para el acabado
0,002...0,005 mm de más del diámetro para el superacabado

Los datos que figuran en las Tablas arriba indicadas pueden variar según las dimensiones y forma de la pieza, y de la calidad del material.

SECCIÓN DUODÉCIMA

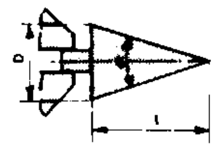
OPERACIONES DE MECANIZADO

(Torneado, fresado, tallado, limado y cepillado, brochado, taladrado, roscado)

TORNEADO DE CUERPOS CÓNICOS
CONICIDAD Y PENDIENTE

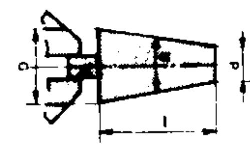
Conicidad

Conicidad es la relación entre el diámetro de un cono y su longitud o altura, $c = \frac{D}{l}$



Conicidad, $c = \frac{D}{l}$; $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{D}{2 \cdot l}$

Conicidad %, $c\,\% = 100 \cdot \frac{D}{l}$; $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{c\,\%}{200}$

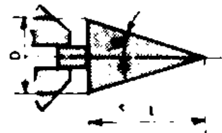


Conicidad, $c = \frac{D - d}{l}$; $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{D - d}{2 \cdot l}$

Conicidad %, $c\,\% = 100 \cdot \frac{D - d}{2 \cdot l}$; $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{c\,\%}{200}$

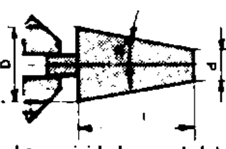
Pendiente

Pendiente de un cono es la relación entre su radio y la longitud o altura, $p = \frac{r}{l}$



Pendiente, $p = \frac{D}{2 \cdot l} = \operatorname{tg} \alpha'$

Pendiente %, $p\,\% = 100 \cdot \frac{D}{2 \cdot l}$ $(= 100 \operatorname{tg} \alpha')$; $\operatorname{tg} \alpha' = \frac{p\,\%}{100}$

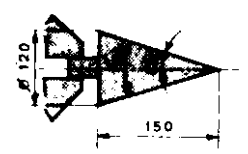


Pendiente, $p = \frac{D - d}{2 \cdot l} = \operatorname{tg} \alpha'$

Pendiente %, $p\,\% = 100 \cdot \frac{D - d}{2 \cdot l}$ $(= 100 \operatorname{tg} \alpha')$; $\operatorname{tg} \alpha' = \frac{p\,\%}{100}$

La conicidad c es el doble de la pendiente p, $c = 2 \cdot p$; también $\alpha = 2 \cdot \alpha'$

Ejemplo 1.°

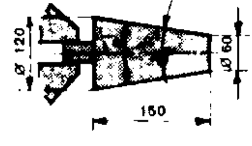


Conicidad, $c = \frac{120}{150} = 1{:}2{,}5$; $c\,\% = 100 \times \frac{120}{150} = 80\%$

Pendiente, $p = \frac{120}{2 \times 150} = 1{:}35$; $p\,\% = 100 \times \frac{120}{150} = 40\%$

$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{120}{2 \times 150} = 0{,}40 \left(= \frac{80}{200} = \frac{40}{100} \right)$; $\alpha = 21{,}8°$ $(= 21°48'5'')$

Ejemplo 2.°



Conicidad, $c = \frac{120 - 60}{150} = 1{:}2{,}5$; $c\% = 100 \times \frac{120 - 60}{150} = 40\%$

Pendiente, $p = \frac{120 - 60}{2 \times 150} = 1{:}5$; $c\% = 100 \times \frac{120 - 60}{2 \times 150} = 20\%$

$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{120 - 60}{2 \times 150} = 0{,}20 \left(= \frac{40}{200} = \frac{20}{100} \right)$; $\frac{\alpha}{2} = 11{,}31°$ $(= 11°18'36'')$

Ejemplo 3.°. Angulo de pendiente correspondiente a una conicidad del 80%

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{80}{200} = 0{,}4;\ \frac{\alpha}{2} = 21{,}8°\ (= 21°48'5'')$$

Ejemplo 4.°. Angulo correspondiente a una pendiente del 40%

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{40}{100} = 0{,}4;\ \alpha = 21{,}8°$$

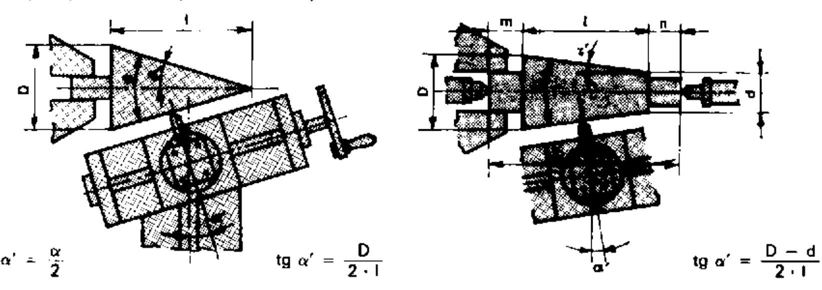
NOTA. – Los ángulos correspondientes a valores de tangentes se determinarán en las Tablas 4_3-1 y 4_4-1.

TORNEADO DE CONOS.—PROCEDIMIENTOS

Por orientación del carro portaútil

La inclinación del carro será igual a la mitad del ángulo de conicidad o igual al ángulo de pendiente del cono.

El reglaje es preciso, y puede tornear interior y exteriormente; la operación se realiza a mano. Trabajo medio; se utiliza para piezas cortas y conicidades importantes.

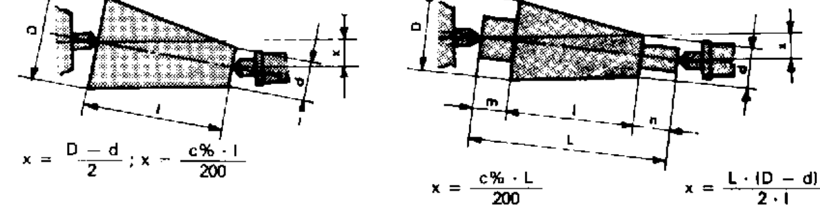


$$\alpha' = \frac{\alpha}{2} \qquad \text{tg } \alpha' = \frac{D}{2 \cdot l} \qquad \text{tg } \alpha' = \frac{D - d}{2 \cdot l}$$

NOTA.—Como aplicación para determinar los ángulos de inclinación del carro, α', sirven los ejemplos de la página anterior.

Por desplazamiento del contrapunto

El desplazamiento del contrapunto permite la utilización del avance automático; no se puede efectuar el torneado interior. Trabajo medio, utilizado para piezas largas con poca conicidad.



$$x = \frac{D - d}{2}\ ;\ x = \frac{c\% \cdot l}{200} \qquad x = \frac{c\% \cdot L}{200} \qquad x = \frac{L \cdot (D - d)}{2 \cdot l}$$

Ejemplo 1.°.—Diámetros, D = 120 mm y d = 60 mm; longitud, l = 150 mm

$$x = \frac{120 - 60}{2} = 30 \text{ mm.}$$

Ejemplo 2.°.—Diámetros D = 120 mm y d = 60 mm; longitudes, L = 300 mm, l = 150 mm.

$$x = \frac{300 \times (120 - 60)}{2 \times 150} = 30 \text{ mm.}$$

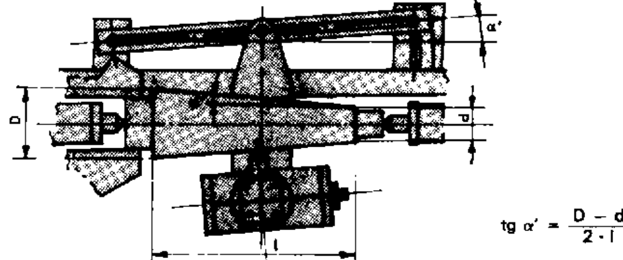
Ejemplo 3.°.—Conicidad, c = 15%; longitud, L = 500 mm.

$$x = \frac{15 \times 500}{200} = 37{,}5 \text{ mm.}$$

Por medio de copiador (mecánico o hidráulico)

El reglaje es fácil, permite utilizar el avance automático; la superficie es reglada con precisión.

La conicidad será reducida, y la longitud l está limitada por la de la guía del copiador.



$$\text{tg } \alpha' = \frac{D - d}{2 \cdot l}$$

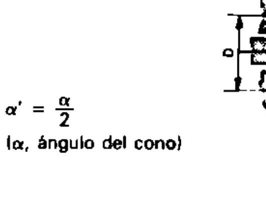
Ejemplos.—Son de aplicación los ejemplos del caso 1.° (orientación de la guía en lugar del carro portaútil).

NOTA.—En todo caso, el filo del útil cortante estará a la misma altura que la de los puntos del torno.

Operaciones para torneado

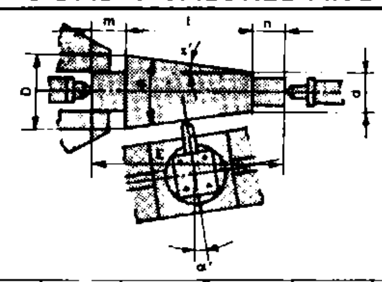
TORNEADO DE CUERPOS CÓNICOS CONICIDAD Y VALORES ANGULARES

TABLA 1 . 12



$\alpha' = \frac{\alpha}{2}$

(α, ángulo del cono)

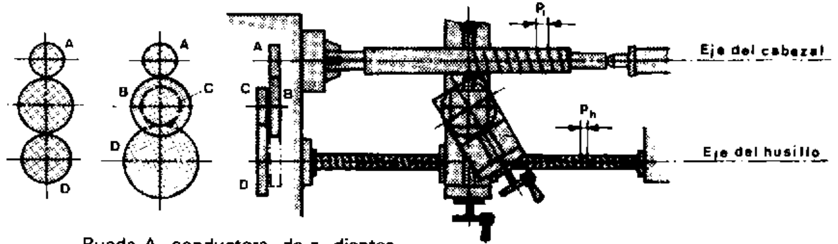


$\operatorname{tg} \alpha' = \frac{D - d}{2 \cdot l}$

Conicidad %	Inclinación o pendiente	Conicidad %	Inclinación o pendiente	Conicidad %	Inclinación o pendiente	Conicidad Pulgadas por pie	Inclinación o pendiente	Conicidad Pulgadas por pie	Inclinación o pendiente	Conicidad Pulgadas por pie	Inclinación o pendiente
2	0°34'	70	19°17'	138	34°26'	1/64	0°2'	1 1/8	2°41'	4 1/2	10°37'
4	1°9'	72	19°48'	140	35°0'	1/32	0°4'	1 3/16	2°50'	4 5/8	10°54'
6	1°43'	74	20°18'	142	35°22'	1/16	0°9'	1 1/4	2°59'	4 3/4	11°12'
8	2°17'	76	20°48'	144	35°45'	3/32	0°13'	1 5/16	3°8'	4 7/8	11°29'
10	2°52'	78	21°18'	146	36°8'	1/8	0°18'	1 3/8	3°17'	5''	11°46'
12	3°26'	80	21°48'	148	36°30'	5/32	0°22'	1 7/16	3°26'	5 1/8	12°3'
14	4°0'	82	22°18'	150	36°52'	3/16	0°27'	1 1/2	3°35'	5 1/4	12°20'
16	4°34'	84	22°47'	152	37°14'	7/32	0°31'	1 9/16	3°43'	5 3/8	12°37'
18	5°9'	86	23°16'	154	37°36'	1/4	0°36'	1 5/8	3°52'	5 1/2	12°54'
20	5°43'	88	23°45'	156	37°58'	9/32	0°40'	1 11/16	4°1'	5 5/8	13°11'
22	6°17'	90	24°14'	158	38°18'	5/16	0°45'	1 3/4	4°10'	5 3/4	13°28'
24	6°51'	92	24°42'	160	38°40'	11/32	0°49'	1 13/16	4°19'	5 7/8	13°45'
26	7°24'	94	25°10'	162	39°0'	3/8	0°54'	1 7/8	4°28'	6''	14°2'
28	7°58'	96	25°38'	164	39°21'	13/32	0°58'	1 15/16	4°37'	6 1/8	14°19'
30	8°32'	98	26°6'	166	39°42'	7/16	1°3'	2''	4°46'	6 1/4	14°36'
32	9°5'	100	26°34'	168	40°2'	15/32	1°7'	2 1/8	5°4'	6 3/8	14°53'
34	9°39'	102	27°1'	170	40°22'	1/2	1°12'	2 1/4	5°21'	6 1/2	15°9'
36	10°12'	104	27°28'	172	40°42'	17/32	1°16'	2 3/8	5°39'	6 5/8	15°26'
38	10°45'	106	27°55'	174	41°1'	9/16	1°21'	2 1/2	5°57'	6 3/4	15°43'
40	11°19'	108	28°22'	176	41°21'	19/32	1°25'	2 5/8	6°15'	6 7/8	15°59'
42	11°52'	110	28°49'	178	41°40'	5/8	1°30'	2 3/4	6°32'	7''	16°16'
44	12°24'	112	29°15'	180	41°59'	21/32	1°34'	2 7/8	6°50'	7 1/8	16°32'
46	12°57'	114	29°41'	182	42°18'	11/16	1°38'	3''	7°8'	7 1/4	16°49'
48	13°30'	116	30°7'	184	42°37'	23/32	1°43'	3 1/8	7°25'	7 3/8	17°5'
50	14°2'	118	30°32'	186	42°55'	3/4	1°47'	3 1/4	7°43'	7 1/2	17°21'
52	14°34'	120	30°58'	188	43°14'	25/32	1°52'	3 3/8	8°0'	7 5/8	17°38'
54	15°7'	122	31°23'	190	43°32'	13/16	1°56'	3 1/2	8°18'	7 3/4	17°54'
56	15°38'	124	31°48'	192	43°50'	27/32	2°1'	3 5/8	8°35'	8''	18°26'
58	16°10'	126	32°13'	194	44°8'	7/8	2°5'	3 3/4	8°53'	8 1/8	18°42'
60	16°42'	128	32°37'	196	44°25'	29/32	2°10'	3 7/8	9°10'	8 1/4	18°58'
62	17°13'	130	33°1'	198	44°43'	15/16	2°14'	4''	9°28'	8 3/8	19°14'
64	17°45'	132	33°25'	200	45°0'	31/32	2°19'	4 1/8	9°45'	8 1/2	19°30'
66	18°16'	134	33°49'			1''	2°23'	4 1/4	10°3'	8 5/8	19°46'
68	18°47'	136	34°13'			1 1/16	2°32'	4 3/8	10°20'	8 3/4	20°2'

NOTA.—En las Tablas 4_1 . 7 y 4_2 . 7 se exponen pendientes % y valores angulares.

TORNEADO DE ROSCAS.—DISPOSICIÓN DEL TREN DE RUEDAS



Rueda A, conductora, de z_a dientes
Rueda B, conducida, de z_b dientes
Rueda C, conductora, de z_c dientes
Rueda D, conducida, de z_d dientes

Para que las ruedas puedan montarse engranando, sin interferir con los ejes, se hará:

$$z_a + z_b \geqq z_c + 15; \; z_c + z_d \geqq z_b + 15$$

El lote de ruedas para roscar en tornos, está compuesto por la de z dientes = 20, 22, 25, 26, 30, 32, 33, 35, 36, 40, 42, 44, 45, 48, 50, 51, 54, 55, 57, 60, 65, 70, ... 125, 127.

Las ruedas de roscar son del mismo paso, bien sean del Sistema de Módulo o del de Diametral Pitch.

Cálculo de las ruedas para roscar

El paso de los husillos portacarros de tornos, P_h, está normalizado, y se fabrican de los siguientes:

P_h = 4, 5, 6, 10, 12 milímetros, y ¼, ½, pulgadas.

Los pasos de las piezas a roscar, P_r, serán de la misma unidad (milímetros o pulgadas), que los P_h de los husillos; si son diferentes se transformarán haciendo:

Paso en milímetros = paso en pulgadas × 25,4

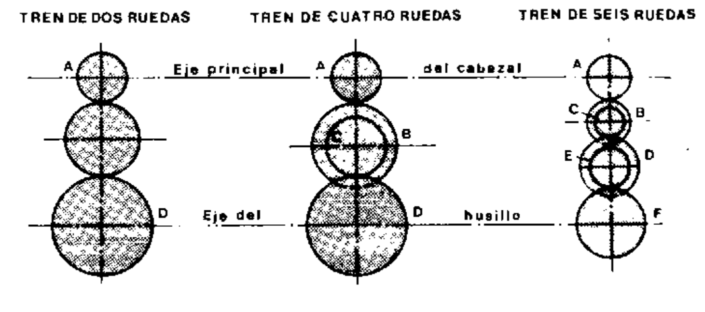
La razón entre el paso P_r de la rosca y el P_h del husillo, es el siguiente:

$$\frac{\text{Paso de la rosca, } P_r}{\text{Paso del husillo, } P_h} = \frac{\text{Producto del número de dientes de las ruedas conductoras, } A \cdot C}{\text{Producto del número de dientes de las ruedas conducidas, } B \cdot D}; \text{ asimismo,}$$

$$\frac{\text{Hilos de rosca por pulgada, } H_r}{\text{Hilos del husillo por pulgada, } H_h} = \frac{\text{Producto del número de dientes de las ruedas conducidas, } B \cdot D}{\text{Producto del número de dientes de las ruedas conductoras, } A \cdot C}$$

Cuando la razón de las ruedas es mayor que 1/6, se puede utilizar un montaje de dos ruedas (la A y la D) con una intermedia, que no modifica el paso, pero sí el sentido de giro.

El montaje de las ruedas se indica en las figuras que siguen.



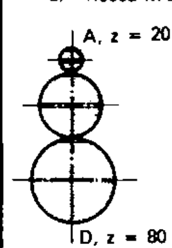
$$\frac{P_r}{P_h} = \frac{A}{D} \qquad \frac{P_r}{P_h} = \frac{A \cdot C}{B \cdot D} \qquad \frac{P_r}{P_h} = \frac{A \cdot C \cdot B}{B \cdot D \cdot F}$$

$$\frac{H_r}{H_h} = \frac{D}{A} \qquad \frac{H_r}{H_h} = \frac{B \cdot D}{A \cdot C} \qquad \frac{H_r}{H_h} = \frac{B \cdot D \cdot F}{A \cdot C \cdot E}$$

TORNEADO DE ROSCAS
TORNO CON HUSILLO DE PASO MÉTRICO

Rosca métrica en un torno con husillo de paso métrico

a) Rosca M 20 en un torno con husillo de 10 mm de paso.



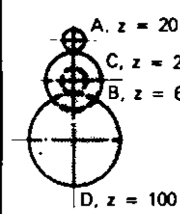
El paso de la rosca M 20 es igual 2,5 mm (Tabla 1·13).

$$\frac{P_r}{P_h} = \frac{2{,}5}{10} = \frac{1}{4} = \frac{20}{80} \left(= \frac{20 \times 25}{50 \times 40} \right)$$

Como la razón $\frac{1}{4} > \frac{1}{6}$, se dispondrán dos ruedas, A de 20 dientes y B de 80 dientes (o 30 y 120 dientes), con una rueda intermedia, o A = 20, B = 50, C = 25, D = 40.

(El número de dientes de la rueda más pequeña, es z = 20).

b) Rosca M 3 en un torno con husillo de 6 mm. de paso.



El paso de rosca M 3 es igual a 0,5 mm (Tabla 1.13).

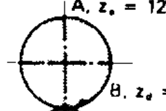
$$\frac{P_r}{P_h} = \frac{0{,}5}{6} = \frac{1}{12} = \frac{10}{120} = \frac{20}{240}$$. No dispone de rueda de 240 dientes, y como la razón $\frac{1}{12} < \frac{1}{6}$, se dispondrá un juego de cuatro ruedas.

$\frac{10}{120} = \frac{2 \times 5}{6 \times 20} = \frac{20 \times 25}{60 \times 100}$; $z_a = 20$, $z_b = 60$, $z_c = 25$, $z_d = 100$

Comprobación, 20 + 60 = 80 > 25 + 15 = 40; 25 + 100 = 125 > 60 + 15 = = 75 (admisible).

Rosca de paso en pulgadas en un torno con husillo de paso métrico

a) Rosca Whitworth de 3/4" en un torno con husillo de 6 mm. de paso.



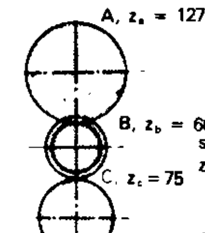
La rosca Withworth de 3/4" tiene hilos (pasos) por pulgada (Tabla 2.13).

$$\frac{P_r}{P_h} = \frac{\frac{25{,}4}{10}}{6} = \frac{25{,}4}{60} = \frac{127}{300} = \frac{127 \times 40}{100 \times 120};$$

se dispondrán cuatro ruedas, A de z_a = 127 B de z_b = 100, C de z_c = 40 y D de z_d = 120 dientes.

Comprobación, 127 + 100 = 227 > 40 + 15 = 55; 40 + 120 = 160 > 100 + + 15 = 115 (admisible).

b) Rosca de 5/8" de paso en un torno con husillo de 10 mm. de paso.



$$\frac{P_r}{P_h} = \frac{\frac{5 \times 25{,}4}{8}}{10} = \frac{5 \times 25{,}4}{8 \times 10} = \frac{127 \times 75}{60 \times 100};$$

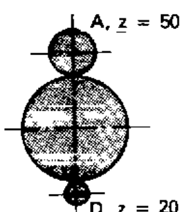
se dispondrán cuatro ruedas, A de z_a = 127, B de z_b = 60, C de z_c = 75, y D de z_d = 100.

Comprobación, 127 + 60 = 187 > 75 + 15 = 90; 75 + 100 = 175 > 60 + + 15 = 75 (admisible).

TORNEADO DE ROSCAS
TORNO CON HUSILLO DE PASO EN PULGADAS

Rosca de paso en pulgadas en un torno con husillo de paso en pulgadas

a) Rosca de 5/8" de paso en un torno con husillo de 1/4" de paso



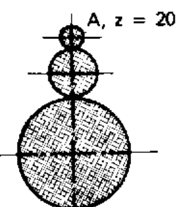
$$\frac{P_r}{P_h} = \frac{\frac{5}{8}}{\frac{1}{4}} = \frac{5\times 4}{8\times 1} = \frac{20}{8}\left(= \frac{2,5}{1} > \frac{1}{6}\right);\ \frac{20}{8} = \frac{50}{20} \quad \left(= \frac{75}{30}\right)$$

Se dispondrán dos ruedas, A de 20 dientes y D de 50 dientes, con una rueda intermedia.

(El número de dientes de la rueda más pequeña, es z = 20).

b) Rosca Whitworth de 1/4" en un torno con husillo de 1/4" de paso.

La rosca Whitworth de 1/4" tiene 20 hilos (pasos) por pulgada (Tabla 2.13).

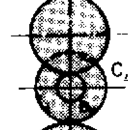


$$\frac{P_r}{P_h} = \frac{\frac{25,4}{20}}{\frac{25,4}{4}} = \frac{4}{20}\left(= \frac{1}{5}\right) = \frac{20}{100}\left(= \frac{24}{120}\right)$$

Se dispondrán dos ruedas, A de 20 dientes y D de 100 dientes, con una rueda intermedia.

Rosca métrica en un torno con husillo de paso en pulgadas

a) Rosca de 20 mm. de paso en un torno con husillo de 1/4" de paso.



$$\frac{P_r}{P_h} = \frac{20}{\frac{25,4}{4}} = \frac{80}{25,4} = \frac{400}{127} = \frac{100\times 80}{20\times 127}$$

Se dispondrán cuatro ruedas, A de $z_a = 100$, B de $z_b = 20$, C de $c_c = 80$ y D de $z_d = 127$ dientes.

Comprobación, 100 + 20 = 120 > 80 + 15 = 95; 80 + 127 = 207 > 20 + + 15 = 35 (admisible).

b) Rosca M 30 en un torno con husillo de 1/4" de paso

La rosca M 30 es de 3,5 mm de paso (Tabla 1.13).



$$\frac{P_r}{P_h} = \frac{3,5}{\frac{25,4}{4}} = \frac{3,5\times 4}{25,4} = \frac{70}{127}\left(= \frac{50\times 35}{25\times 127}\right)$$

Se dispondrán dos ruedas, A de $z_a = 70$ y D de 127 dientes, con una rueda intermedia, o cuatro, A = 50, B = 25, C = 35, D = 127).

TORNEADO DE TORNILLOS SIN FIN

Paso axial del tornillo sin fin

En los tornillos sin fin de paso métrico, el módulo axial m_{x1} es igual al módulo m (Tabla 30.9) y el paso de la hélice $p_{h1} = \pi \cdot m \cdot z$, siendo z el número de filetes o entradas del sin fin.

En los cálculos del tren de ruedas para el torneado de los tornillos sin fin, el valor de π con suficiente aproximación puede ser substituido:

a) $\pi = \frac{22}{7}$ (= 3,14286, que representa una diferencia de 0,00126 o el 0,04% de 3,1416)

b) $\pi = \frac{24 \times 36}{11 \times 25}$ (= 3,14182, que representa una diferencia de 0,00022 o el 0,007% de 3,1416).

c) $\pi = \frac{21 \times 19}{127}$ (= 3,14173, que representa una diferencia de 0,00013 o el 0,004% de 3,1416).

Cálculo del tren de ruedas

Ejemplo 1.°.—Tren de ruedas para tornear un tornillo sin fin de módulo axial $m_{x1} = 4$ y de 2 filetes, en un torno con husillo de 5 mm de paso.

$$\frac{P_t}{P_s} = \frac{\frac{22}{7} \times 4 \times 2}{5} = \frac{22 \times 8}{35} = \frac{80 \times 44}{20 \times 35}$$

Se dispondrán ruedas, A de $z_a = 80$, B de $z_b = 20$, C de $z_c = 44$, D de $z_d = 35$ dientes. (80 + 20 – 100 > 44 + 15 = 59; 44 + 35 = 79 > 20 + 15 = 35).

Ejemplo 2.°.—Tren de ruedas para tornear un tornillo sin fin de 4 entradas, módulo axial $m_{x1} = 10$, en un torno con husillo de 12 mm de paso.

$$\frac{P_t}{P_s} = \frac{\frac{22}{7} \times 10 \times 4}{12} = \frac{22 \times 40}{7 \times 12} = \frac{110 \times 100}{35 \times 30} \quad (= 10{,}4762).$$

Se dispondrán ruedas, A de $z_a = 110$, B de $z_b = 30$, C de $z_c = 100$ y D de $z_d = 35$ dientes.
Comprobación: 110 + 30 = 140 > 110 + 15 = 115; 100 + 35 = 135 > 30 + 15 = 45.
El paso de la hélice del tornillo propuesto, es $\pi \times 10 \times 4 = 125{,}664$ mm.
El paso de la hélice del tornillo torneado según el tren de ruedas determinado, resultaría:

$$p_h = 10{,}4762 \times 12 = 125{,}7144 \text{ mm}.$$

Si, por ejemplo, se hace el ángulo de la hélice del sin fin, $\beta_1 = 65°$, según este último paso de la hélice, el diametro primitivo del tornillo sin fin debe ser:

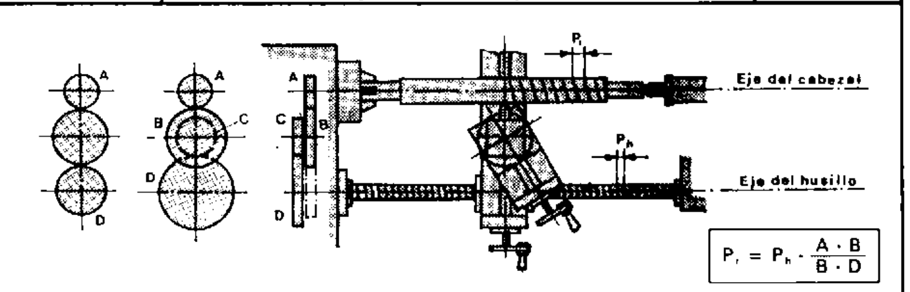
$$d_1 = \frac{p_h + tg\,\beta_1}{\pi} = \frac{125{,}7144 \times 2{,}1445}{\pi} = 85{,}82 \text{ mm}$$

Engranando con una rueda cuyo diámetro primitivo, por ejemplo, $d_2 = 260$ mm, la distancia entre centros del engranaje de tornillo sin fin, sería:

$$C = \frac{85{,}82 + 260}{2} = 172{,}91 \text{ mm}$$

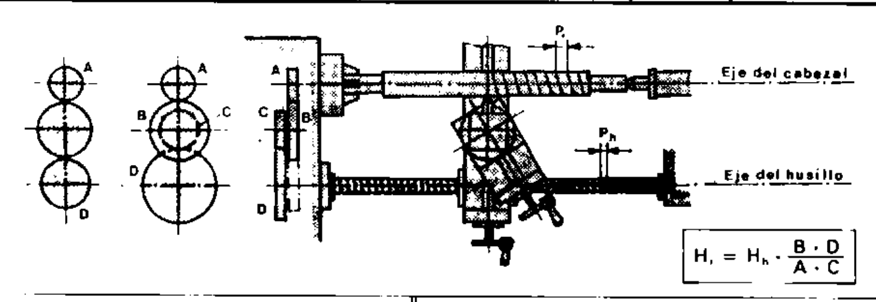
(La rueda del tornillo sin fin no se modificaría; el diámetro de la fresa para su tallado será exactamente igual a la que correspondería al tornillo sin fin torneado.)

Operaciones para torneado	*TORNO CON HUSILLO DE PASO EN MILÍMETROS* *Tren de ruedas para rosca de paso en milímetros*	TABLA 2 . 12



PASO DEL HUSILLO, P_h = 10 MILÍMETROS					*PASO DEL HUSILLO, P_h = 5 MILÍMETROS*				
Paso de la rosca en milímetros P_h	*Número de dientes de la rueda*				*Paso de la rosca en milímetros P_r*	*Número de dientes de la rueda*			
	A	*B*	*C*	*D*		*A*	*B*	*C*	*D*
					0,25	20	80	25	125
					0,3	20	80	30	125
0,4	20	100	25	125	0,4	20	50	25	125
0,5	20	80	25	125	0,5	20	40	25	125
0,6	20	80	30	125	0,6	20	40	30	125
0,7	20	80	35	125	0,7	20	40	35	125
0,8	20	50	25	125	0,8	40	50	25	125
1	20	40	25	125	1	50	40	20	125
1,25	20	40	25	100	1,25	50	40	25	125
1,5	20	40	30	100	1,5	30	40	50	125
1,75	20	40	35	100	1,75	50	80	70	125
2	20	40	30	75	2	30	25	20	60
2,5	20	50	25	40	2,5	50	25	30	120
3	20	50	30	40	3	40	25	30	80
3,5	20	50	35	40	3,5	35	25	40	80
4	40	60	30	50	4	30	45	60	50
4,5	40	50	45	80	4,5	40	25	45	80
5	40	50	75	120	5	40	50	75	60
5,5	30	60	55	50	5,5	45	30	55	75
6	45	30	20	50	6	45	30	40	50
7	35	20	40	100	7	35	20	40	50
8	40	25	50	100	8	60	25	50	75
9	40	20	45	100	9	40	20	45	50
10	40	20	30	60	10	80	20	30	60
12	50	25	45	75	12	80	20	30	50
14	60	30	35	50	14	60	30	70	50
16	70	35	40	50	16	70	35	40	25
18	80	50	40	50	18	80	50	45	20
20	75	30	40	50	20	75	30	40	25
24	60	20	40	50	24	60	20	40	25
26	65	20	40	50	26	65	20	40	25
28	60	30	70	50	28	60	30	70	25

Operaciones para torneado	TORNO CON HUSILLO DE PASO EN MILÍMETROS Tren de ruedas para rosca de paso en pulgadas	TABLA 3 . 12



PASO DEL HUSILLO, P_h = 5 MM, H_h = 5,08 HILOS POR 1"

N.° de hilos de rosca por pulgada H_r	Número de dientes de la rueda A	B	C	D
1	127	20	40	50
1 1/2	127	30	20	50
2	127	25	20	40
2 1/4	127	25	20	45
2 1/2	127	25	20	50
2 5/8	127	42	48	75
2 3/4	127	25	20	55
2 7/8	127	25	40	115
3	127	25	20	60
3 1/4	127	25	20	65
3 1/2	127	35	20	50
4	127	40	20	50
4 1/2	127	45	20	50
5	127	25	20	100
6	127	30	20	100
7	127	35	20	100
8	127	40	20	100
9	127	45	20	100
10	127	50	25	125
11	127	55	20	100
12	127	60	20	100
14	127	70	20	100
16	127	80	20	100
18	127	90	20	100
20	127	100	25	125
22	127	100	20	110
24	127	100	20	120

PASO DEL HUSILLO, P_h = 10 MM, H_h = 2,54 HILOS POR 1"

N.° de hilos de rosca por pulgada H_r	Número de dientes de la rueda A	B	C	D
1	127	25	20	40
1 1/2	127	30	20	50
2	127	40	20	50
2 1/4	127	45	20	50
2 1/2	127	50	30	75
2 5/8	127	42	40	125
2 3/4	127	50	20	55
2 7/8	127	25	20	115
3	127	50	20	60
3 1/4	127	50	20	65
3 1/2	127	50	20	70
4	127	50	20	80
4 1/2	127	50	20	90
5	127	50	20	100
6	127	60	20	100
7	127	70	20	100
8	127	80	20	100
9	127	90	20	100
10	127	100	25	125
11	127	100	20	110
12	127	100	20	120

Rosca Whitworth

W 1/4" = 20 hilos por 1"
W 5/16" = 18 hilos por 1"
W 3/8" = 16 hilos por 1"
W 7/16" = 14 hilos por 1"

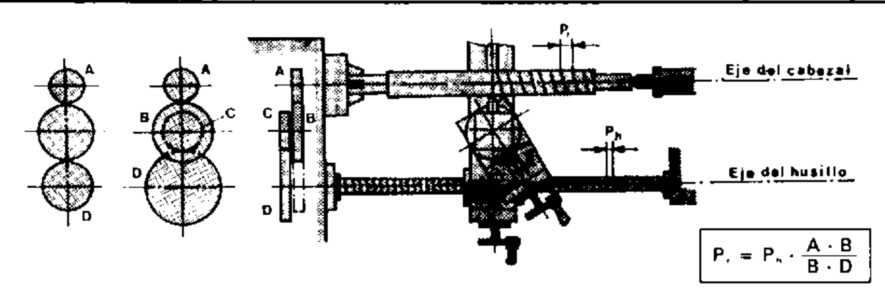
W 1/2" = 12 hilos por 1"
W 5/8" = 11 hilos por 1"
W 3/4" = 10 hilos por 1"
W 7/8" = 9 hilos por 1"

W 1" = 8 hilos por 1"
W 1 1/8" = 7 hilos por 1"
W 1 1/4" = 7 hilos por 1"
W 1 3/8" = 6 hilos por 1"
W 1 1/2" = 6 hilos por 1"
W 1 5/8" = 5 hilos por 1"

W 1 3/4" = 5 hilos por 1"
W 1 7/8" = 4 1/2 hilos por 1"
W 2" = 4 1/2 hilos por 1"
W 2 1/4" = 4 hilos por 1"
W 2 1/2" = 4 hilos por 1"
W 2 3/4" = 3 1/2 hilos por 1"
W 3" = 3 1/2 hilos por 1"
W 3 1/4" = 3 1/4 hilos por 1"
W 3 1/2" = 3 1/4 hilos por 1"
W 3 3/4" = 3 hilos por 1"

W 4" = 3 hilos por 1"
W 4 1/4" = 2 7/8 hilos por 1"
W 4 1/2" = 2 7/8 hilos por 1"
W 4 3/4" = 2 3/4 hilos por 1"
W 5" = 2 3/4 hilos por 1"
W 5 1/4" = 2 5/8 hilos por 1"
W 5 1/2" = 2 5/8 hilos por 1"
W 5 3/4" = 2 1/2 hilos por 1"
W 6" = 2 1/2 hilos por 1"

TORNO CON HUSILLO DE PASO EN PULGADAS
Tren de ruedas para rosca de paso en milímetros



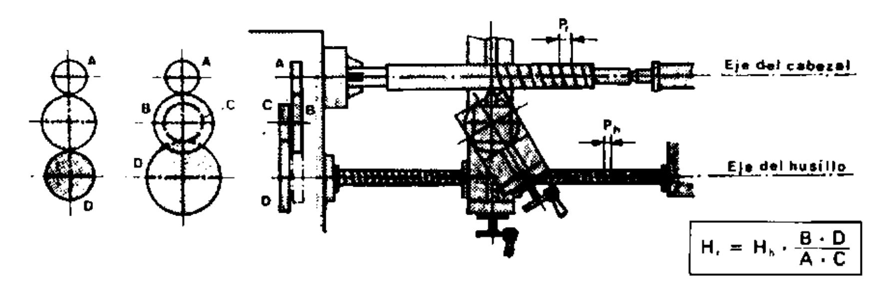
PASO DEL HUSILLO, P_h = 1/2 PULGADA = 12,7 MILÍMETROS

Paso de la rosca en milímetros P_r	*Número de dientes de la rueda*			
	A	*B*	*C*	*D*
0,4	20	125	25	127
0,5	20	100	25	127
0,6	20	100	30	127
0,7	20	100	35	127
0,8	20	75	30	127
1	25	50	20	127
1,25	25	60	30	127
1,5	30	50	25	127
1,75	35	50	25	127
2	20	Rueda intermedia		127
2,5	25	Rueda intermedia		127
3	30	Rueda intermedia		127
3,5	35	Rueda intermedia		127
4	40	Rueda intermedia		127
4,5	45	Rueda intermedia		127
5	50	Rueda intermedia		127
5,5	55	Rueda intermedia		127
6	60	Rueda intermedia		127
7	40	20	35	127
8	40	25	50	127
9	40	20	45	127
10	60	30	50	127
12	60	40	80	127
14	70	40	80	127
16	80	30	60	127
18	90	30	60	127
20	100	30	60	127
24	100	25	60	127
26	100	25	65	127
28	100	25	70	127

PASO DEL HUSILLO, P_h = 1/4 PULGADA = 6,35 MILÍMETROS

Paso de la rosca en milímetros P_r	*Número de dientes de la rueda*			
	A	*B*	*C*	*D*
0,25	20	100	25	127
0,3	20	100	30	127
0,4	20	100	40	127
0,5	20	50	25	127
0,6	20	50	30	127
0,7	20	50	35	127
0,8	20	50	40	127
1	20	Rueda intermedia		127
1,25	25	Rueda intermedia		127
1,5	30	Rueda intermedia		127
1,75	35	Rueda intermedia		127
2	40	Rueda intermedia		127
2,5	50	Rueda intermedia		127
3	60	Rueda intermedia		127
3,5	50	25	35	127
4	50	25	40	127
4,5	50	25	45	127
5	50	20	40	127
5,5	55	20	40	127
6	60	20	40	127
7	60	30	70	127
8	70	35	80	127
9	90	30	60	127
10	75	30	80	127
12	90	30	80	127
14	105	30	80	127
16	100	25	80	127
18	100	25	90	127
20	100	20	80	127
24	100	25	120	127

TORNO CON HUSILLO DE PASO EN PULGADAS
Tren de ruedas para rosca de paso en pulgadas



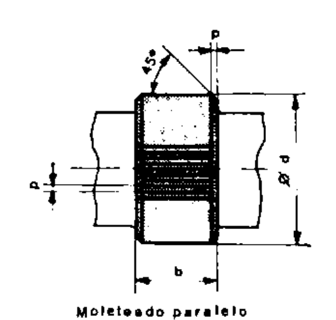
N.° DE HILOS DEL HUSILLO POR PULGADA, $H_h = 2$

N.° de hilos de rosca por pulgada H_r	Número de dientes de la rueda			
	A	B	C	D
1	40	80	100	25
1 1/2	40	50	75	45
2	40	80	100	50
2 1/4	60	30	20	45
2 1/2	45	30	40	75
2 5/8	40	42	60	75
2 3/4	30	75	60	33
2 7/8	40	115	90	45
3	40	100	75	45
3 1/4	20	50	40	26
3 1/2	30	105	100	50
4	30	100	75	45
4 1/2	30	45	50	75
5	30	60	40	50
6	25	Rueda intermedia		75
7	20	Rueda intermedia		70
8	20	Rueda intermedia		80
9	20	Rueda intermedia		90
10	20	Rueda intermedia		100
11	20	Rueda intermedia		110
12	20	Rueda intermedia		120
14	20	70	50	100
16	20	80	50	100
18	20	90	50	100
20	20	80	40	100
22	20	100	50	110
24	20	60	25	100
26	20	65	25	100
28	20	70	25	100
32	20	80	25	100
36	20	90	25	100
40	20	100	25	120

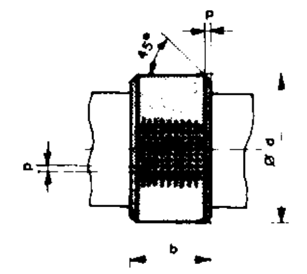
N.° DE HILOS DEL HUSILLO POR PULBADA, $H_h = 4$

N.° de hilos de rosca por pulgada H_r	Número de dientes de la rueda			
	A	B	C	D
1	50	25	60	30
1 1/2	60	90	100	25
2	60	45	75	50
2 1/4	40	90	100	25
2 1/2	30	45	60	25
2 5/8	80	42	40	50
2 3/4	40	50	60	33
2 7/8	80	115	90	45
3	30	45	40	20
3 1/8	40	75	60	26
3 1/2	30	105	100	25
4	30	45	60	40
4 1/2	40	30	50	75
5	30	45	60	50
6	30	90	100	50
7	30	45	60	70
8	30	40	50	75
9	30	45	60	90
10	30	45	60	100
11	30	45	60	110
12	30	45	60	120
14	20	Rueda intermedia		70
16	20	Rueda intermedia		80
18	20	Rueda intermedia		90
20	20	Rueda intermedia		100
22	20	Rueda intermedia		110
24	20	Rueda intermedia		120
26	25	65	40	100
28	20	70	60	120
32	25	80	40	100
36	25	90	40	100
40	20	60	30	100

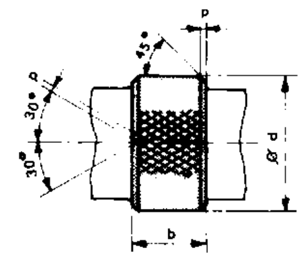
MOLETEADO



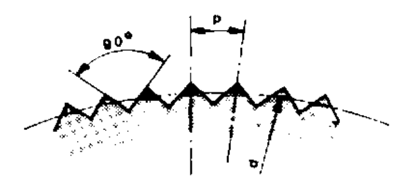
Moleteado paralelo



Moleteado en cruz



Moleteado en X



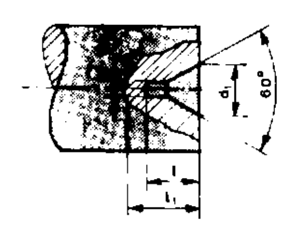
Detalle del moleteado

Moleteado	*Paralelo*					*Cruzado*				*En X*							
Material	*Todos los materiales*					*Ebonita y análogos*				*Metal ligero, latón, fibra, etc.*				*Acero*			
Diámetro	*Ancho b*					*Ancho b*				*Ancho b*				*Ancho b*			
d	*...2*	*...6*	*...16*	*...32*	*>32*	*...6*	*...16*	*...32*	*>32*	*...6*	*...16*	*...32*	*>32*	*...6*	*...16*	*...32*	*>32*
mm	*Paso p*					*Paso p*				*Paso p*				*Paso p*			
hasta 8	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,5*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*
>8 ...16	*0,5*	*0,5*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,6*	*0,8*	*0,8*	*0,8*	*0,8*
>16...32	*0,5*	*0,5*	*0,8*	*0,8*	*0,8*	*0,6*	*0,8*	*0,8*	*0,8*	*0,6*	*0,8*	*0,8*	*0,8*	*0,8*	*1*	*1*	*1*
>32...63	*0,6*	*0,6*	*0,8*	*1*	*1*	*0,6*	*0,8*	*1*	*1*	*0,6*	*0,8*	*1*	*1*	*0,8*	*1*	*1,2*	*1,2*
>63...100	*0,8*	*0,8*	*0,8*	*1*	*1,2*	*0,8*	*0,8*	*1*	*1,2*	*0,8*	*0,8*	*1*	*1,2*	*0,8*	*1*	*1,2*	*1,6*
>100	*0,8*	*1*	*1*	*1*	*1,2*	*0,8*	*1*	*1,2*	*1,6*	*0,8*	*1*	*1,2*	*1,6*	*1*	*1,2*	*1,6*	*2*

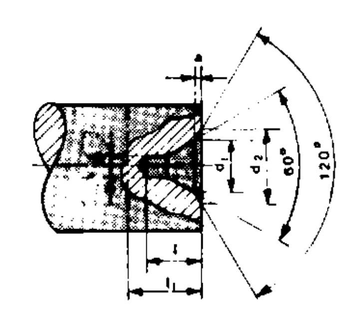
***NOTA.** — El ancho del chaflán, igual al paso p, puede ser substituido por un redondeado.*

Accesorios para corte	***CENTROS PARA TRABAJO DE TORNEADO ENTRE PUNTOS***	**TABLA 7 . 12**

Centrado cónico sin protección

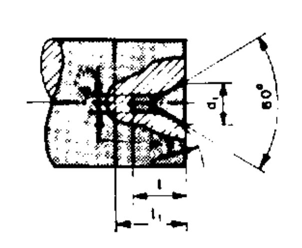


Centrado cónico con chaflán de protección

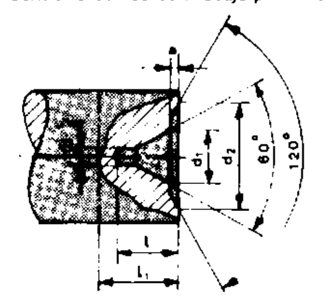


Diámetro del extremo del árbol	*d*	*d_1*	*l*	*d*	*d_1*	*d_2*	*l*
De 0 a 8	1	2,12	3	1	2,12	3,15	3,5
8 12	1,6	3,35	5	1,6	3,35	5	5
12 18	2	4,25	6	2	4,25	6,3	6,6
18 25	2,5	5,3	7	2,5	5,3	8	8,3
25 40	3,15	6,7	9	3,15	6,7	10	10
40 80	4	8,5	11	4	8,5	12,5	12,7
80 180	6,3	13,2	18	6,3	13,2	18	20
más de 180	10	21,2	28	10	21,2	28	31

Centrado con perfil curvilíneo



Centrado cónico con rebaje protector



Diámetro del extremo del árbol	*d*	*d_1*	*d_2*	*l*	*d*	*d_1*	*d_2*	*a*	*l*
De 0 a 6	1	2,12	3	3,15	1	2,5	5,5	0,6	3,6
6 10	1,6	3,25	5	5	1,6	4	8,5	0,9	6
10 16	2	4,25	6	6,3	2	5	10	0,9	7
16 25	2,5	5,3	7	8	2,5	6,3	12,5	1,1	8,6
25 40	3,15	6,7	9	10	3,15	8	16	1,7	10,7
40 63	4	8,5	11	12,5	4	10	20	1,7	13,2
63 80	6,3	13,2	18	20	6,3	16	31,5	3	21
más de 80	10	21,2	28	31,5	10	25	45	4,3	31,5

NOTA.—l_1 representa la longitud del árbol para que el centrado desaparezca.

(Centros para torneado de acuerdo con ISO).

Tallado de los dientes

El tallado de los dientes de los engranajes se hace por el método de división o por el de generación o de rodadura.

El tallado por división se efectúa por medio de fresas perfiladas o de forma. Los dientes de la fresa tienen la forma del hueco entre dientes de las ruedas dentadas, y van destalonados para mantener el perfil después del afilado. Se fabrican por juegos de ocho a quince fresas, como se detalla en la Tabla 8.12. El paso de la fresa se hace mediante el plato divisor.

El detalle de la forma y las dimensiones de la fresa de forma para el módulo 1, con sus tolerancias de fabricación, se exponen en las Tablas 9.12 y 10.12, sirviendo este detalle para la determinación de las demás fresas (multiplicando las dimensiones especificadas en la Tabla por el módulo correspondiente)

El tallado por generación o rodadura se efectúa por medio de fresas madre, que son ruedas con dientes oblicuos destalonados, cuyo dentado corresponde al hueco o cotradentado de los dientes del engranaje que se ha de tallar; en la Tabla 12.12 se representa y especifican las dimensiones de las fresas madre de un filete, para módulos de 1 a 20.

Tolerancias de fabricación de las ruedas dentadas

Las tolerancias de fabricación de las ruedas dentadas se expresan en la Norma UNE 18048; la propuesta de esta Norma señalaba doce calidades de fabricación que definía en función de la precisión, considerando la aplicación, velocidad y proceso de fabricación, como puede verse en la Tabla 26.9. Para las necesidades corrientes de la construcción mecánica, selecciona aquella propuesta las calidades siguientes:

Calidad 4 para engranajes rectificados de precisión.
Calidad 6 para engranajes tallados de precisión.
Calidad 8 para engranajes tallados de buena calidad.
Calidad 10 para engranajes de tallado comercial o corriente.

De acuerdo con la clasificación indicada, para el cuerpo de los engranajes y su distancia entre centros se aplican las tolerancias que se indican:

Calidad de engranaje	*4*	*6*	*8*	*10*
Agujero de la rueda	IT-4	IT-6	IT-7	IT-8
Eje de la rueda	IT-4	IT-5	IT-6	IT-7
Diámetro exterior	IT-7	IT-8	IT-8	IT-9
Distancia entre centros	IT-6	IT-7	IT-8	IT-9
Holgura entre dientes	mód./50	mód./50	mód./25	mód./25

Medición de dimensiones

Si el diámetro exterior de una rueda es correcto, el espesor o grueso del diente tallado con la fresa adecuada también lo será; este espesor o grueso está definido por el espesor circular e, o mejor, por el espesor cordal ē susceptible de medición, completándose esta medida con la comprobación de la altura cordal del diente. Estas dimensiones pueden comprobarse mediante un calibre especial diseñado para la rueda o engranaje, o mediante el calibre especial para medida de dientes (denominado «pie-módulo»), con el que puede apreciarse con toda exactitud las dos dimensiones indicadas, Tabla 13.12. En la Tabla 14.12 se expresan las dimensiones M correspondientes a ruedas dentadas de módulo y de paso diametral unidad, con 10 a 148 dientes, para aplicación a todos los módulos y pasos diametrales, medidas entre varillas de diámetros que se indican, que sirven para fijar con exactitud el diámetro de la rueda dentada correspondiente, sirviendo estos valores de los módulos o pasos diametrales unidad para aplicarlos a otros engranajes de módulos o pasos diametrales diversos, y poder comprobar sus diámetros primitivos, procediendo como en la Tabla se expresa.

TALLADO DE DIENTES
FRESAS DE FORMA PARA MODULO Y PASO DIAMETRAL

Ruedas o engranajes de módulo

El tallado de las ruedas o engranaje se realiza por medio de fresas de forma o "fresa-módulo" de perfil constante y diente destalonado, efectuándolo diente a diente mediante el divisor universal.

Como el flanco de los dientes es variable para cada módulo según el número de dientes de las ruedas, para reducir el número de fresas-módulo, se agrupan (las ruedas) por series, siendo éstas de ocho para los módulos 1 a 10, y de 15 series para las de módulos 11 y mayores. El surtido completo de fresas-módulo será de ocho para las ocho primeras series, y de quince para las segundas (módulos 11 y mayores).

Aunque los flancos de los dientes para ruedas del mismo módulo varían según el número de aquellos dientes, la diferencia (o error) de forma es muy reducida, disminuyendo esta diferencia a medida que aumenta el número de dientes.

Las series de fresas-módulo, son las siguientes:

Series	*N.° de la fresa*	*Para tallar...*	*N.° de la fresa*	*Para tallar...*
Módulos 1 a 10	1	Ruedas de 12-13 dientes	5	Ruedas de 26-34 dientes
	2	Ruedas de 14-16 dientes	6	Ruedas de 35-54 dientes
	3	Ruedas de 17-20 dientes	7	Ruedas de 35-135 dientes
	4	Ruedas de 21-25 dientes	8	Ruedas de 135-cremallera
Módulos 11 y mayores	1	Ruedas de 12 dientes	4 1/2	Ruedas de 23-25 dientes
	1 1/2	Ruedas de 13 dientes	5	Ruedas de 26-29 dientes
	2	Ruedas de 14 dientes	5 1/2	Ruedas de 30-34 dientes
	2 1/2	Ruedas de 15-16 dientes	6	Ruedas de 35-41 dientes
	3	Ruedas de 17-18 dientes	6 1/2	Ruedas de 41-54 dientes
	3 1/2	Ruedas de 19-20 dientes	7	Ruedas de 55-79 dientes
	4	Ruedas de 21-22 dientes	7 1/2	Ruedas de 80-134 dientes
			8	Ruedas de 135 dientes-cremallera

Ruedas o engranajes de paso diametral (diametral Pitch)

En el sistema de dentado según el paso diametral (diametral Pitch), el número de series de fresas-módulo para tallar, usadas ordinariamente, es de ocho, tanto para paso diametral 36 a 2½ como para 2½ a 1. Cuando es esencial una mayor perfección en la forma de los dientes, y el número de éstos queda comprendido entre los números para los cuales las fresas usadas ordinariamente están destinadas, se utilizará una serie intermedia con medios números; estas series son las siguientes:

Series	*N.° de la fresa*	*Para tallar...*	*N.° de la fresa*	*Para tallar...*
Normal	1	Ruedas de 135 dientes-cremallera	5	Ruedas de 21-35 dientes
	2	Ruedas de 55-134 dientes	6	Ruedas de 17-20 dientes
	3	Ruedas de 35-54 dientes	7	Ruedas de 14-16 dientes
	4	Ruedas de 26-34 dientes	8	Ruedas de 12-13 dientes
Intermedia	1 1/2	Ruedas de 80-134 dientes	5 1/2	Ruedas de 19-20 dientes
	2 1/2	Ruedas de 42 a 54 dientes	6 1/2	Ruedas de 15-16 dientes
	3 1/2	Ruedas de 30 a 34 dientes	7 1/2	Ruedas de 13 dientes
	4 1/2	Ruedas de 23 a 25 dientes		

Control de las dimensiones de los dientes

El control o comprobación del tallado de los dientes se efectuará mediante calibre especial realizado para la rueda o engranaje a tallar, o por medio de un calibre para medir diente de engrane, denominado "pie-módulo". Las dimensiones principales de los dientes se especifican en la Tabla 13.12 según el número de cada rueda.

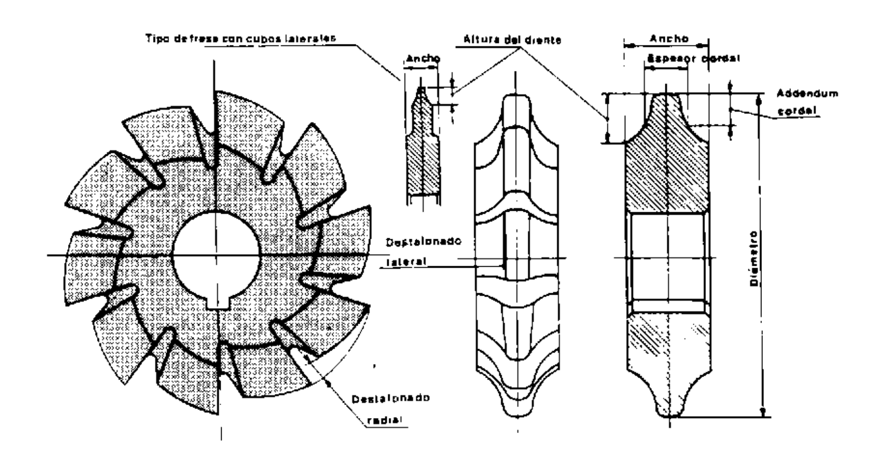
TALLADO DE DIENTES
PERFIL DEL DIENTE DE LA FRESA Y CREMALLERA TIPO

Fresas de forma

La fresa de forma, es una fresa circular con dientes en la periferia, cuyo perfil es igual al intervalo entre dientes de la rueda que se talla. Los dientes están destalonados de forma que, por afilado radial, se mantenga el perfil inalterable.

Las fresas de forma se emplean para el tallado con fresadoras con divisor, de engranajes rectos o helicoidales de módulos 1 a 20, cuyas condiciones de servicio no sean muy severas y que engranen entre sí, no siendo recomendables para engranar con otras ruedas talladas por generación.

Las características de las fresas de forma se especifican en las figuras que siguen considerando principalmente la altura del diente, que corresponde a la profundidad máxima de diente que la fresa es capaz de tallar.



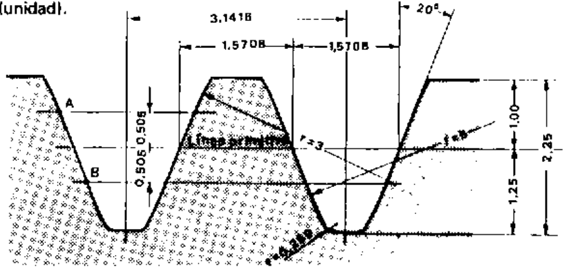
Juego normal de fresas

Para cada módulo consta de ocho fresas, numeradas de 1 a 8. Cada fresa sirve para tallar los engranes con el número de dientes que se indica, que serán correctos cuando se emplean para el tallado de engranajes con el número de dientes que a continuación se especifica.

N.º de la fresa	*Número de dientes*	*N.º de la fresa*	*Número de dientes*
1	12 y 13	5	26 a 34
2	14 a 16	6	35 a 54
3	17 a 20	7	55 a 134
4	21 a 25	8	135 a cremallera

Cremallera tipo

Debido a la interferencia natural producida en el tallado de engranajes de pequeño número de dientes, se modifica la cremallera tipo, adoptando para este sistema de tallado la que a continuación se expone, como cremallera tipo para módulo 1 (unidad).



Los puntos A y B están unidos por una línea recta a 20°

TALLADO DE DIENTES
PERFILES Y DIMENSIONES DE LAS FRESAS DE FORMA

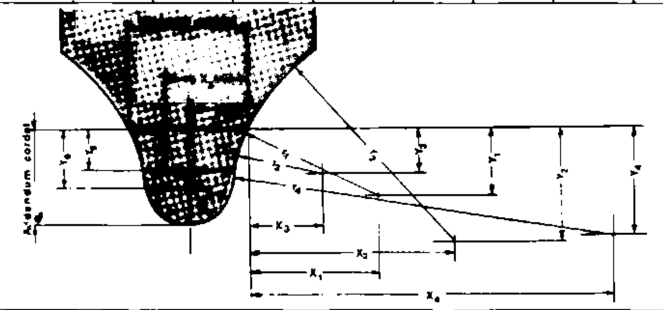
Forma de perfil

En los cuadros que siguen se dan las características constructivas de la forma del perfil para cada número de fresa, consideradas en un plano radial y para módulo 1. Para cualquier otro módulo, basta con multiplicar los valores señalados por el valor del módulo considerado.

Los perfiles están deducidos por aproximación de los exactos, conjugados, para cada número de dientes, de la cremallera tipo definida en la Tabla anterior (9.12).

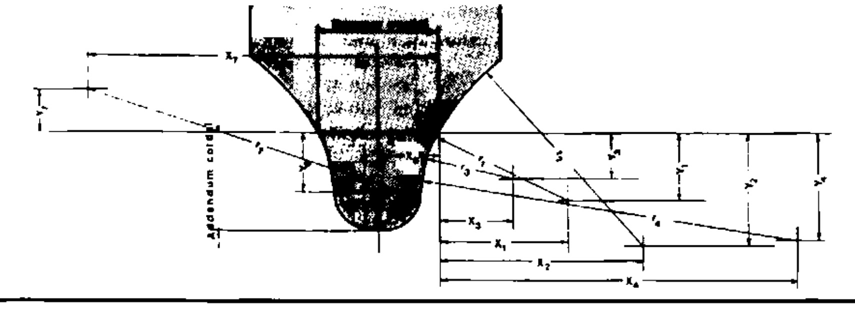
Fresa N.°	r_1	Y_1	X_1	r_2	Y_2	X_2	r_3	Y_3	X_3	r_4
1	1,83	0,85	1,62	2,92	1,41	2,55	1,09	0,58	0,94	4,74
2	3,20	1,47	2,84				1,70	0,79	1,51	

Fresa N.°	Y_4	X_4	r_5	Y_5	X_5	r_6	Y_6	X_6	*Espesor cordal*	*Addendum cordal*
1	1,36	4,50	0,86	0,52	1,04	0,48	0,72	0,72	1,57	1,20
2			0,90	0,52	1,08	0,43	0,77	0,69	1,57	1,21



Fresa N.°	r_1	Y_1	X_1	r_2	Y_2	X_2	r_3	Y_3	X_3	r_4
3	3,72	1,62	3,35	2,65	0,98	2,49	2,20	0,96	1,98	
4	7,10	3,20	6,33	2,30	0,66	2,26	3,59	1,48	3,27	2,26
5	7,85	3,35	7,09	2,44	0,65	2,40	4,45	1,77	4,08	3,11
6	6,83	2,64	6,30	2,82	0,77	2,75	5,42	2,09	5,01	
7	9,43	3,46	8,77	2,88	0,69	2,84				
8	23,21	8,19	21,72	2,97	0,60	2,95				

Fresa N.°	Y_4	X_4	r_6	Y_6	X_6	r_7	Y_7	X_7	*Espesor cordal*	*Addendum cordal*
3			0,25	0,96	0,56	15,15	3,26	14,84	1,57	1,21
4	1,00	2,03	0,25	0,97	0,59	12,22	2,86	11,93	1,57	1,22
5	1,30	2,83	0,25	0,98	0,61	9,22	2,18	9,01	1,57	1,23
6			0,25	0,98	0,62	6,87	1,58	6,72	1,57	1,23
7			0,25	0,99	0,65	6,01	1,41	5,88	1,57	1,24
8			0,25	1,00	0,67	5,33	1,27	5,21	1,57	1,25



Engranajes cilíndricos	TALLADO DE DIENTES DIMENSIONES DE LAS FRESAS DE FORMA, Y TOLERANCIAS	TABLA 11 . 12

Dimensiones de la fresa

Módulo	Diámetro exterior	Altura mínima del diente	Diámetro del agujero	Clavetero		Número y ancho de las fresas							
				Ancho	Profundidad	1 12 a 13 dientes	2 14 a 16 dientes	3 17 a 20 dientes	4 21 a 25 dientes	5 26 a 34 dientes	6 35 a 54 dientes	7 55 a 134 dientes	8 135 a cremallera
						Anchos (Medidas en mm).							
1	50	2,50	22	6	24	5	5	5	5	5	5	5	5
1,25	50	3,10	22	6	24	5	5	5	5	5	5	5	5
1,50	55	3,75	22	6	24	6	6	6	6	6	6	5	5
1,75	55	4,40	22	6	24	7	7	7	6	6	6	6	6
2	60	5,00	22	6	24	8	8	8	7	7	7	7	7
2,25	60	5,60	22	6	24	9	8	8	8	8	8	8	7
2,50	65	6,25	22	6	24	10	9	9	8	8	8	8	8
2,75	65	6,90	22	6	24	10	10	10	9	9	9	9	8
3	70	7,50	27	7	30	11	11	10	10	10	9	9	9
3,25	75	8,10	27	7	30	12	12	11	10	10	10	10	9
3,50	75	8,75	27	7	30	12	12	12	11	11	11	11	10
3,75	80	9,40	27	7	30	13	13	13	12	12	12	12	11
4	80	10,00	27	7	30	14	14	13	13	13	12	12	11
4,25	85	10,60	27	7	30	15	15	14	14	14	13	13	12
4,50	90	11,25	27	7	30	16	16	15	14	14	13	13	13
4,75	90	11,90	27	7	30	17	16	16	15	15	14	14	14
5	95	12,50	27	7	30	18	17	16	16	15	15	15	14
5,25	95	13,10	32	8	35	18	18	17	17	16	15	15	15
5,50	100	13,75	32	8	35	19	19	18	17	17	16	16	15
5,75	100	14,40	32	8	35	20	20	19	18	18	17	17	16
6	105	15,00	32	8	35	21	20	20	19	18	18	17	17
6,25	105	15,60	32	8	35	21	21	20	20	19	18	18	17
6,50	110	16,25	32	8	35	22	22	21	20	20	19	18	18
6,75	110	16,90	32	8	35	23	22	22	21	20	20	19	18
7	115	17,50	32	8	35	24	23	22	22	21	20	20	19
7,50	115	18,75	32	8	35	26	25	24	23	22	22	21	20
8	120	20,00	32	8	35	28	26	25	24	24	23	23	21
8,50	120	21,25	32	8	35	29	28	27	26	25	24	24	23
9	125	22,50	32	8	35	30	29	29	27	27	26	26	24
9,50	130	23,75	32	8	35	32	31	30	29	28	27	27	25
10	140	25,00	32	8	35	33	32	31	30	29	28	28	26
11	145	27,50	40	10	43	37	35	35	33	32	31	31	29
12	150	30,00	40	10	43	40	38	37	36	35	34	34	33
13	160	32,50	40	10	43	42	40	40	38	37	36	35	34
14	165	35,00	40	10	43	47	45	45	42	41	40	39	37
15	170	37,50	40	10	43	48	47	47	44	43	41	41	39
16	175	40,00	40	10	43	51	50	50	47	46	44	43	41
18	210	45,00	50	12	53	58	56	56	53	51	49	48	46
20	220	50,00	50	12	53	65	63	63	59	57	55	54	50

TOLERANCIAS

Módulo	Espesor cordal	Ancho	Chavetero		Diámetro del agujero
			Ancho	Profundidad	
Menor de 1,5	+ 0,05 + 0,01	H 11	D 10	H 11	H 7
De 1,5 a 3,5	+ 0,10 + 0,02	H 11	D 10	H 11	H 7
De 3,5 a 5	+ 0,15 + 0,02	H 11	D 10	H 11	H 7
De 5 a 7,5	+ 0,20 + 0,05	H 11	D 10	H 11	H 7
De 7,5 a 14	+ 0,25 + 0,10	H 11	D 10	H 11	H 7
14 a mayor	+ 0,30 + 0,15	H 11	D 10	H 11	H 7

TALLADO DE DIENTES
FRESA MADRE DE UN FILETE PARA MÓDULOS DE 1 A 20

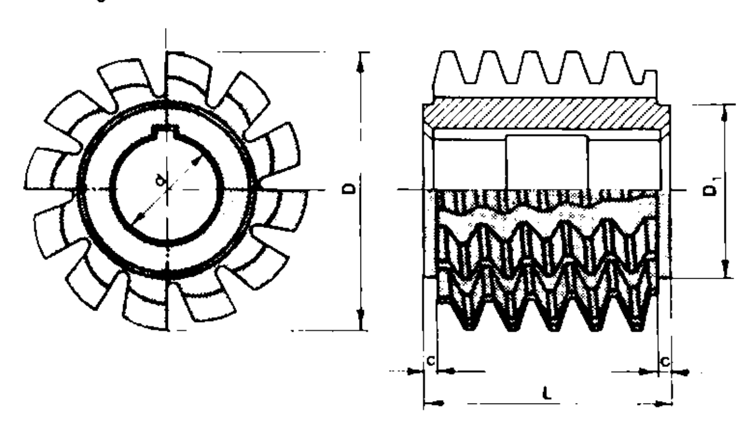
Observaciones

Las ranuras paralelas al eje están admitidas hasta un ángulo de inclinación de 6°.

Las fresas madre pueden ser tanto cilíndricas como cónicas. En el caso de fresas madres cónicas el diámetro exterior que se indica en la Tabla se corresponde al diámetro mayor de la fresa madre.

El diámetro D_1 del collar de centrado no está normalizado. Debe resultar lo más grande posible y en todos los casos más grande que los anillos separadores.

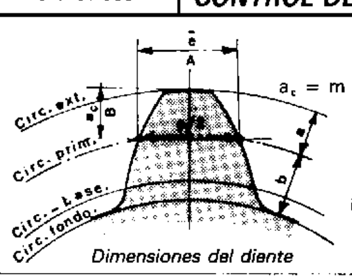
En la Tabla se indican las medidas nominales de las fresas madre de un filete con arrastre por chaveta para el tallado de engranes.



Módulos		*Diámetro exterior D, mm.*	*Diámetro del agujero d, mm.*	*Longitud L mm.*	*Altura del collar de centrado c, mm.*
Desde	*Hasta*				
0,999	1,125	50	22	32	4
1,125	1,375			40	
1,375	2,00	63	27	50	
2,00	2,25	71		56	
2,25	2,75			63	
2,75	3,50	80	32	71	
3,50	4,0	90		80	
4,0	4,7			90	
4,7	5,4	100		100	
5,4	6,0	112	40	112	
6,0	6,5	118		118	
6,5	7,5	118		125	5
7,5	8,5	125		132	
8,5	9,5	140		150	
9,5	10,5	150	50	170	
10,5	11,5	160		180	
11,5	13,0	170		200	
13,0	15,0	190		224	
15,0	17,0	212	60	250	6
17,0	19,0	236		280	
19,0	20,0	250		300	

Concuerda con la Norma 18.029-78

Engranajes cilíndricos	**TALLADO DE DIENTES** **CONTROL DE DIMENSIONES DE LOS DIENTES**	TABLA 13 . 12



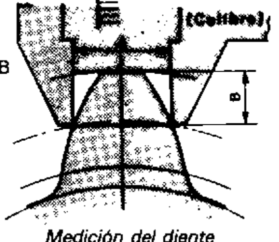
Dimensiones del diente

Addendum cordal

$$a_c = m \cdot \left[1 + \frac{z}{2} \cdot \left(1 - \cos\frac{90}{z}\right)\right] = B$$

Espesor cordal

$$\bar{e} = m \cdot z \cdot \text{sen}\,\frac{90}{z} = A$$



Medición del diente

Dimensiones del diente unidad (milímetros o pulgadas)

z (N)	A	B	z(N)	A	B	z (N)	A	B
10	1,56435	1,06156	45	1,57048	1,01370	80	1,57070	1,00772
11	546	5598	46	050	1341	82	070	752
12	631	5133	47	051	1311	84	071	734
13	698	4739	48	052	1285	86	071	716
14	752	4401	49	053	1258	88	071	700
15	794	4109	50	054	1233	90	072	686
16	827	3852	51	055	1209	92	072	672
17	856	3625	52	056	1187	94	072	658
18	880	3425	53	057	1165	96	073	644
19	899	3244	54	058	1143	98	073	630
20	1,56918	1,03083	55	1,57058	1,01121	100	1,57073	1,00617
21	933	2936	56	059	1102	102	074	605
22	948	2803	57	060	1083	104	074	593
23	956	2681	58	061	1064	106	074	581
24	967	2569	59	061	1046	108	074	570
25	977	2466	60	062	1029	110	075	560
26	986	2371	61	062	1011	112	075	551
27	991	2284	62	063	1,00994	114	075	541
28	998	2202	63	063	978	116	075	533
29	1,57003	2127	64	064	963	118	075	524
30	1,57008	1,02055	65	1,57064	1,00947	120	1,57075	1,00515
31	012	1990	66	065	933	122	075	507
32	016	1926	67	065	920	124	076	499
33	019	1869	68	066	907	126	076	491
34	021	1813	69	066	893	128	076	483
35	025	1762	70	067	880	130	076	475
36	028	1714	71	067	867	132	076	469
37	032	1667	72	067	855	134	076	462
38	035	1623	73	068	843	136	076	454
39	037	1582	74	068	832	138	076	447
40	1,57039	1,01542	75	1,57068	1,00821	140	1,57076	1,00441
41	041	1504	76	069	810	142	076	435
42	043	1471	77	069	799	144	076	429
43	045	1434	78	069	789	146	077	422
44	047	1404	79	069	780	148	077	416

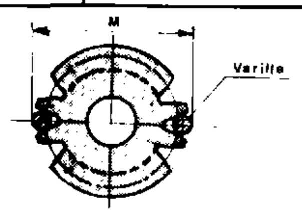
NOTA. — Los valores de la Tabla corresponden al "módulo" o "paso diametral" unidad para los números de dientes que se citan; para otros módulos o pasos diametrales, los valores de A y B se obtendrán al multiplicar o dividir, respectivamente, por los módulos o pasos diametrales correspondientes.

Ejemplo 1.°. — Dimensiones para rueda de 24 dientes módulos 20. — $A = 1{,}56967 \times 20 = 31{,}3934$ mm; $B = 1{,}02569 \times 20 = 20{,}514$ mm.

Ejemplo 2.°. — Dimensiones para rueda de 24 dientes paso diametral 1¼.

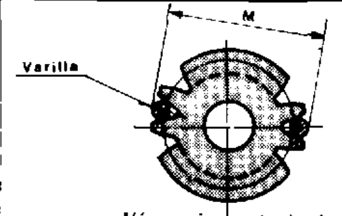
$$A = \frac{1{,}56967}{1{,}25} = 1{,}2557'' \ (31{,}896 \text{ mm}); \qquad B = \frac{1{,}02569}{1{,}25} = 0{,}85'' \ (= 21{,}59 \text{ mm}).$$

TALLADO DE DIENTES
CONTROL DE LOS DIÁMETROS PRIMITIVOS





Número par de dientes



Número impar de dientes

Ángulo de presión α = 20°				*Ángulo de presión α = 20°*			
N.° dientes	*M*	*N.° dientes*	*M*	*N.° dientes*	*M*	*N.° dientes*	*M*
10	12,3445	80	82,4413	11	13,2332	81	83,4262
12	14,3578	82	84,4418	13	15,2639	83	85,4271
14	16,3683	84	86,4423	15	17,2871	85	87,4279
16	18,3768	86	88,4428	17	19,3053	87	89,4287
18	20,3840	88	90,4433	19	21,3200	89	91,4295
20	22,3900	90	92,4437	21	23,3321	91	93,4303
22	24,3952	92	94,4441	23	25,3423	93	95,4310
24	26,3997	94	96,4445	25	27,3511	95	97,4317
26	28,4036	96	98,4449	27	29,3586	97	99,4323
28	30,4071	98	100,4453	29	31,3652	99	101,4329
30	32,4102	100	102,4456	31	33,3710	101	103,4335
32	34,4130	102	104,4460	33	35,3761	103	105,4341
34	36,4155	104	106,4463	35	37,3807	105	107,4346
36	38,4178	106	108,4466	37	39,3849	107	109,4352
38	40,4198	108	110,4469	39	41,3886	109	111,4357
40	42,4217	110	112,4472	41	43,3920	111	113,4362
42	44,4234	112	114,4475	43	45,3951	113	115,4367
44	46,4250	114	116,4478	45	47,3980	115	117,4372
46	48,4265	116	118,4481	47	49,4007	117	119,4376
48	50,4279	118	120,4484	49	51,4031	119	121,4380
50	52,4292	120	122,4486	51	53,4053	121	123,4384
52	54,4304	122	124,4489	53	55,4074	123	125,4388
54	56,4315	124	126,4491	55	57,4093	125	127,4392
56	58,4325	126	128,4493	57	59,4111	127	129,4396
58	60,4335	128	130,4496	59	61,4128	129	131,4400
60	62,4344	130	132,4498	61	63,4144	131	133,4404
62	64,4352	132	134,4500	63	65,4159	133	135,4408
64	66,4361	134	136,4502	65	67,4173	135	137,4411
66	68,4369	136	138,4504	67	69,4186	137	139,4414
68	70,4376	138	140,4506	69	71,4198	139	141,4418
70	72,4383	140	142,4508	71	73,4210	141	143,4421
72	74,4390	142	144,4510	73	75,4221	143	145,4424
74	76,4396	144	146,4512	75	77,4232	145	147,4427
76	78,4402	146	148,4513	77	79,4242	147	149,4430
78	80,4408	148	150,4515	79	81,4252	149	151,4433

Los valores M de la Tabla corresponden al "módulo" unidad y varillas de 1,728 mm de diámetro y también a "paso diametral" unidad con varillas, de 1,728 pulgadas de diámetro; para otros módulos y pasos diametrales, se multiplicarán o dividirán estos valores por el módulo o paso diametral correspondiente.

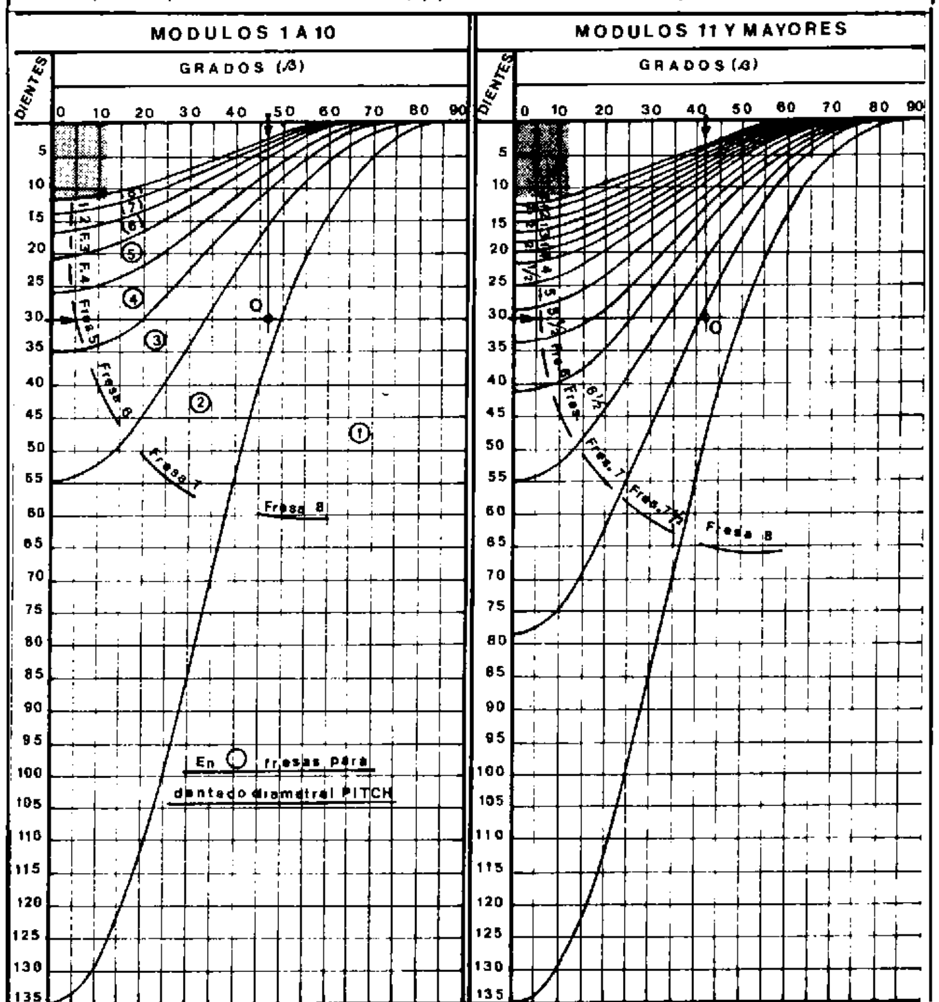
Ejemplo 1.°. — Valor de M y varillas para rueda de 24 dientes módulo 20. — M = 26,3997 × 20 = = 527,994 mm; diámetros de las varillas, d = 1,728 × 20 = 34,56 mm.

Ejemplo 2.°. — Valor de M y varillas para rueda de 24 dientes paso diametral 1¼. — $M = \frac{26,3997}{1,25} = 21,1198''$ (= 536,443 mm); diámetros de las varillas, $d = \frac{1,728}{1,25} = 1,3824''$ (= 35,113 mm).

Engranajes cilíndricos	*TALLADO DE ENGRANAJES HELICOIDALES* *GRÁFICOS PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE LA FRESA*	TABLA 15 . 12

Diagramas

El número de la fresa para el tallado de ruedas de dentado helicoidal varía del utilizado para el tallado de ruedas con dentado recto (Tabla 8.12); seguidamente se exponen gráficos, que con suficiente exactitud permiten determinar el número de la fresa para el tallado de ruedas y piñones helicoidales, comprendiendo por una parte las del módulo 1 a 10, y por otro las del módulo 11 y más.



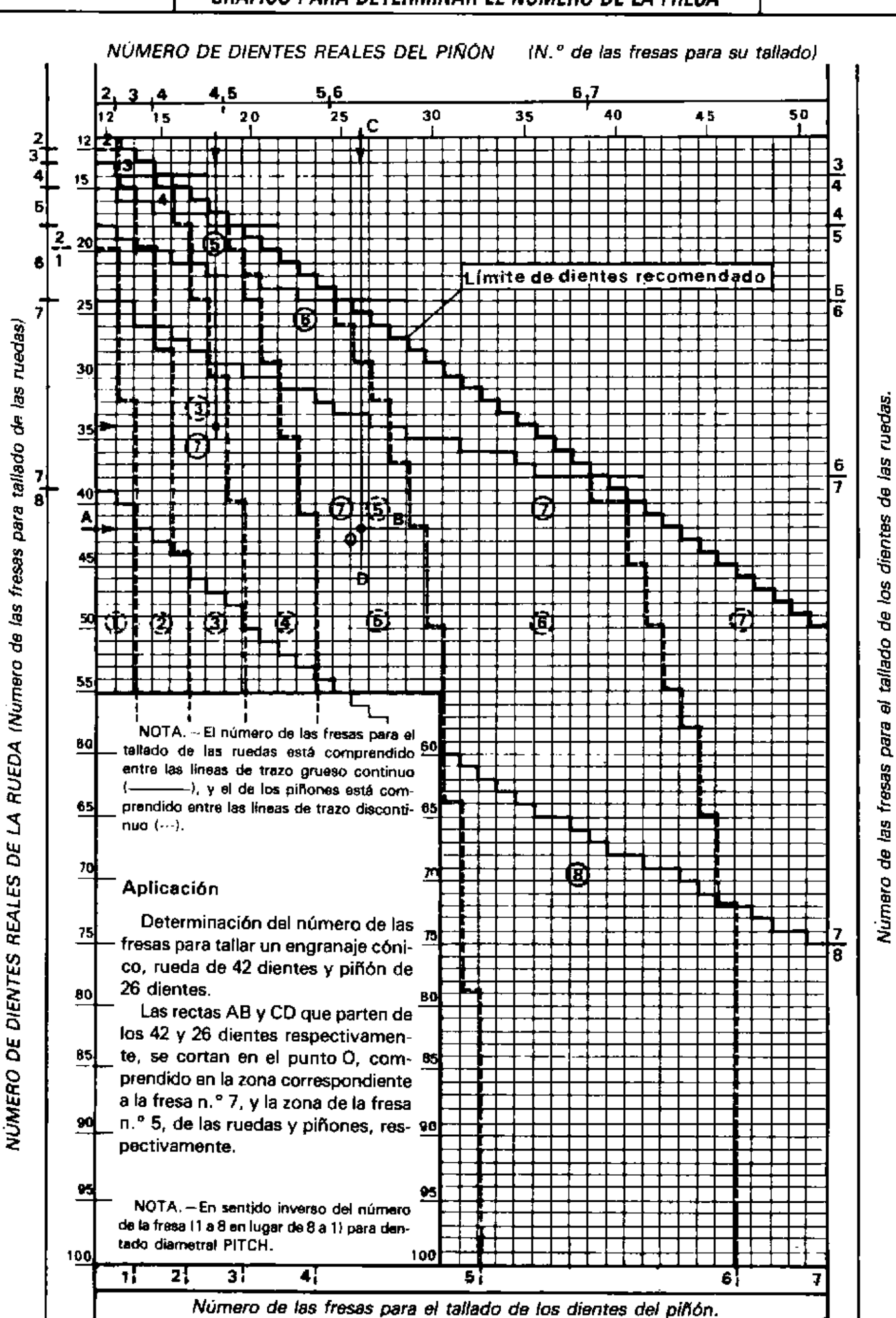
Aplicación

Ejemplo 1.°.—Determinar el número de la fresa para tallar un engranaje helicoidal del móduo 8, de 30 dientes con ángulo de la hélice de 47°.

En el primer gráfico (izquierda) la intersección de las rectas correspondientes se verifica en la zona correspondiente a la fresa n.° 7 (módulo).

Ejemplo 2.°.—Fresa para tallar una rueda helicoidal de 30 dientes módulo 15, con 42° de inclinación. Trazadas las rectas correspondientes, se cortan en la zona de la fresa n.° 7½.

Engranajes cónicos | TALLADO DE ENGRANAJES CONICORRECTOS CON EJES A 90° GRÁFICO PARA DETERMINAR EL NÚMERO DE LA FRESA | TABLA 16 . 12

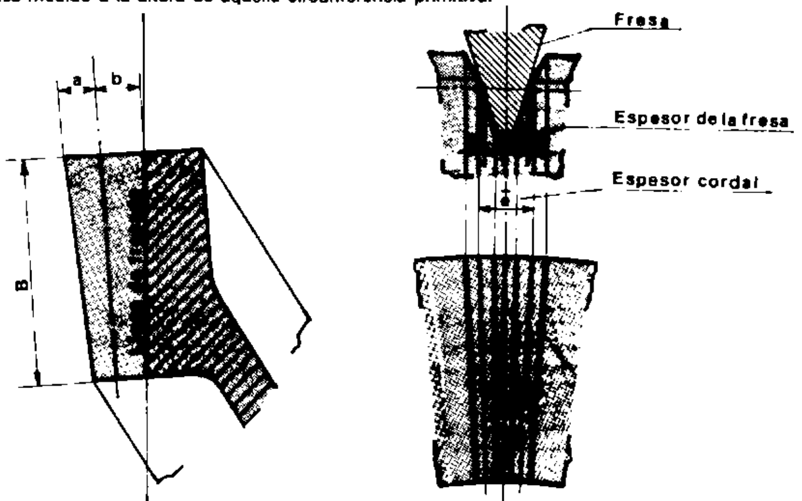


TALLADO DE ENGRANAJES CÓNICOS DE DENTADO RECTO EN FRESADORAS UNIVERSALES

Disposición para tallado

Los engranajes cónicos se tallan en máquinas herramientas fabricadas para realizar este trabajo. Cuando se trata de engranajes cónicos de dentado recto, de fabricación o precisión corriente, el tallado de los dientes puede efectuarse en las fresadoras universales con fresas circulares de forma (Tabla 10.12). Para realizar el tallado de los dientes de los engranajes cónicos en estas fresadoras, dispuesta la pieza ya torneada en el divisor universal, se girará en éste hasta que la línea correspondiente al fondo del diente quede en posición horizontal, y con la fresa de forma tomada según el número de dientes para tallado en fresadora, se fresará la parte central del hueco entre dos dientes; como la fresa tendrá como máximo el espesor m que corresponde al hueco de entre dientes de la parte interior del dentado, quedan sin fresar los flancos de los dientes del hueco realizado, por lo que es preciso efectuar una desviación n a uno y otro lado del hueco de modo que las líneas de los flancos queden paralelas a la fresa.

El valor n de la desviación de la pieza medida sobre la circunferencia primitiva, de la parte exterior del diente, es igual a la mitad de la diferencia entre el espesor ē cordal del diente (Tabla 13.12) y espesor m de la fresa medido a la altura de aquella circunferencia primitiva.



Es conveniente que el fresado de los flancos de los dientes del primer hueco se realice con cuidado, procediendo por defecto (en menos) en la desviación n, y comprobada ésta según la dimensión del hueco cordal que se realiza, una vez determinada aplicarla para el fresado de los demás huecos.

Las fresas de forma se tomarán según el número ideal de dientes para fresado.

$$z_{i1} = \frac{z_1}{\cos \varphi_1}\text{, para el piñón, y } z_{i2} = \frac{z_2}{\cos \varphi_2} \text{ para la rueda}$$

Por ejemplo, para un engranaje con $z_1 = 18$ dientes y $\varphi_1 = 27°54'$, y rueda de $z_2 = 34$ dientes con $\varphi_2 = 62°6'$, resulta:

$$z_{i1} = \frac{18}{0{,}88377} = 20{,}37 \approx 20 \text{ dientes, y } z_{i2} = \frac{34}{0{,}46793} = 72{,}66 \approx 73 \text{ dientes.}$$

Para 20 y 73 dientes se tomarán las fresas números 3 y 7 según la Tabla 8.12.

El mismo resultado se obtiene en la gráfica de la Tabla 16.12 para los números reales de dientes, 18 y 34, como se apreciará en aquella Tabla (fresas números 3 y 7 respectivamente).

Útiles de corte	**CUCHILLAS PARA TORNEADO** **VELOCIDADES DE CORTE CON UTILES DE ACERO RÁPIDO**	**TABLA 17 . 12**

Material a tornear	*Resistencia Dureza*	*Avance s mm por vuelta*				
		0,2	*0,4*	*0,8*	*1,6*	*3,2*
		Velocidad v m por minuto				
Acero suave	45 kg/mm²	43	32	24	18	13
Acero semiduro	60 kg/m²	34	25	19	14	10
Acero duro	85 kg/m²	26	21	16	12	8
Acero ligeramente aleado	90-110 kg/mm²	18	13	10	7,5	6
Acero aleado	110-150 kg/mm²	17	12	8,5	6	4
Acero fundido (moldeado)	50 kg/mm²	34	25	19	14	10
Acero fundido duro	50-80 kg/mm²	27	18	13	10	7,5
Fundición gris	HB 180	48	27	18	14	10
Fundición dura	HB 220	32	18	13	10	8
Fundición acerada	HB 250	22	14	11	7,5	5
Cobre	60-80 HB	56	53	38	28	21
Latón	80-120 HB	125	85	56	36	27
Bronce	100 HB	63	48	40	32	24
Aleaciones blandas de aluminio	20 HB	132	85	56	38	28
Aleaciones duras de aluminio	25 HB	118	75	50	38	28
Aleaciones de magnesio	20 HB	1000	900	800	750	700
Plásticos		60-200				
Goma dura		100				

NOTA.—Las velocidades de corte indicadas son de aplicación para profundidades de corte de a ≤ 5 mm; para profundiades a ≥ 5 mm los valores indicados se reducirán en un 10 a 20%. Estas velocidades corresponden a operación de acabado, para otros se afectarán de los coeficientes siguientes:

Desbastado, 0,7; Tronzado, 0,6
Taladrado, 0,3 Mandriando 0,6
Roscado 0,1 a 0,4

VELOCIDADES DE CORTE CON PLAQUITAS DE METAL DURO

CORTE CON PLAQUITAS DE METALDURO SOLDADAS

Grupo de empleo →			*P01*	*P10*	*P20*	*P30*	*P40*
Material	*Dureza Brinell HB*	*Resistencia a la tracción kg/mm²*	*Avance s, en mm por vuelta*				
			0,3-0,05	*0,7-0,3-0,1*	*1,2-0,3-0,15*	*2-0,4-0,2*	*3-0,4*
			Velocidad de corte v, m/min.				
Acero al carbono							
C 0,15%	125	45	280-440	170-240-330	100-200-260	60-150-200	35-125
C 0,35%	150	60	235-370	140-200-280	80-165-210	45-120-160	25-100
C 0,70%	250	85	185-300	110-155-220	60-130-170	35- 90-125	20-70
Acero aleado recocido	150-200	50-65	185-300	110-155-220	60-130-170	40- 95-125	25-70
Acero aleado tratado	200-275	65-95	145-240	85-120-175	50-100-130	30- 75-100	20-60
Acero aleado tratado	275-325	90-110	115-180	65- 95-140	40- 80-105	25- 60-80	15-45
Acero aleado tratado	325-425	110-150	90-150	35- 75-110	30- 65-85	20- 50-60	15-35
Acero inoxidable							
martensítico				160-225	110-145-180	80-125-155	45-90
austenítico					110-135	70-105-135	70-90
Acero fundido (colado),							
no aleado,	150	50		125-160	65-105-125	45- 90-115	25-70
poco aleado	150-250	50-80		90-125	45- 75-90	30- 60-80	15-45
muy aleado	160-200				110-155	70-105-135	55-80

Velocidades establecidas para una duración de la arista de corte (filo) de 35 minutos.

CORTE CON PLAQUITAS DE METAL DURO FIJADAS MECÁNICAMENTE

Grupo de empleo →			*P01*	*P10*	*P20*	*P30*	*P40*
Material	*Dureza Brinell HB*	*Resistencia a la tracción kg/mm²*	*Avance s, en mm por vuelta*				
			0,3-0,05	*0,7-0,3-0,1*	*1,2-0,3-0,15*	*2-0,4-0,2*	*3-0,4*
			Velocidad de corte v, m/min.				
Acero al carbono							
C 0,15%	125	45	350-540	200-290-410	130-260-330	80-190-250	45-160
C 0,35%	150	60	290-460	170-240-350	100-210-270	65-150-200	35-125
C 0,70%	250	85	230-370	130-190-280	80-160-210	45-115-160	25-95
Acero aleado recocido	150-200	50-65	230-370	130-190-280	80-160-210	50-120-160	30-95
Acero aleado tratado	200-275	65-90	180-290	105-150-220	65-130-170	40- 95-125	25-75
Acero aleado tratado	275-325	90-110	145-230	85-120-175	50-100-130	30- 75-100	20-60
Acero aleado tratado	325-450	110-150	115-150	65- 95-140	40- 80-105	25- 60-180	15-50
Acero inoxidable							
martensítico				200-280	140-190-225	100-160-200	60-115
austenítico					140-170	95-135-170	90-115
Acero fundido (colado),							
no aleado,	150	50		160-200	80-135-160	55-115-145	35-90
poco aleado	150-250	50-80		115-160	55- 95-115	35- 75-100	20-60
muy aleado	160-200				140-200	100-135-170	70-105

Velocidades establecidas para una duración de la arista de corte (filo) de 15 minutos.

Útiles de corte	VELOCIDADES DE CORTE CON PLAQUITAS DE METAL DURO	TABLA 18_2 . 12

CORTE CON PLAQUITAS DE METAL DURO SOLDADAS

Grupo de empleo →		K01	K10 M20	K10	K20	P20	P30
Material	Dureza Brinell HB	*Avance s, en mm por vuelta*					
		0,2-0,1	1-0,5-0,2	1-0,5-0,2	1,2-0,7	1-0,7-0,3	1,2-0,7-3
		Velocidad de corte v, m/min.					
Acero al 12% de Mn	200		15- 25-50		8-25		
Fundición maleable			45-135-180	35-100-135		135-155	45-90-135
Fundición gris	180	125-160	65-145-180	50-110-145	50-70		
Fundición gris aleada	250	70-115	45-90-135	35- 65-100	35-50	60-100-135	
Fundición modular	250		35- 80-125	25- 60-90		80-125	25-45
Fundición templada en coquilla	400	6-20	8- 15-25				
Cobre electrolítico			155-315-540		270-450		
Aleaciones de plomo con desprendimiento			200-270-400		180-250		
Latón, bronce rojo			155-200-270		135-180		
Bronce fosforoso			90-155-225		90-155		
Aleaciones de aluminio			1350-1800		900-1350		
de tratamiento	80-120		225-450-625		180-270		
colada	100		225-450-625		90-180		

Velocidades establecidas para una duración de la arista de corte (filo) de 35 minutos.

CORTE CON PLAQUITAS DE METAL DURO FIJADAS MECÁNICAMENTE

Grupo de empleo →		K10 M20	K10	M20	P20	P30
Material	Dureza Brinell HB	*Avance s, en mm por vuelta*				
		1-0,5-0,2	1-0,5-0,2	1,2-0,7	1-0,7-0,3	1,2-0,7
		Velocidad de corte v, m/min.				
Acero al 12% de Mn	200	20- 30-60	45-130-175	10-30		
Fundición maleable		55-175-230	60-120-175		170-215	
Fundición gris	180	80-150-230	45- 85-130	65-90		
Fundición gris aleada	250	55-115-175		45-65	75-130-175	55-115
Fundición modular	250	45-100-160	35- 75-120		100-160	30-55
Fundición templada en coquilla	400		10- 20-30			
Cobre electrolítico		200-400-700		350-570		
Aleaciones de plomo con desprendimiento		290-350-500		230-350		
Latón, bronce rojo		200-260-350		175-230		
Bronce fosforoso		115-200-290		115-200		
Aleaciones de aluminio		1700-2300		1100-1700		
de tratamiento	80-120	290-580-800		230-350		
de colada	100	290-580-800		115-230		

Velocidades establecidas para una duración de la arista de corte (filo) de 15 minutos.

TIEMPOS DE CORTE EN EL TORNEADO

Tiempo de corte

Los valores de la velocidad de corte v, del avance por vuelta s, y de la profundidad de corte a, se encuentran en determinada relación para cada caso de torneado, estableciéndose de acuerdo con v los valores de s y a mediante ensayos sancionados por la práctica; como valores indicativos se pueden considerar los indicados en las Tablas 17.12 y $18_{1\text{-}2}$.12.

El tiempo de corte por torneado, se calculará de modo siguiente:

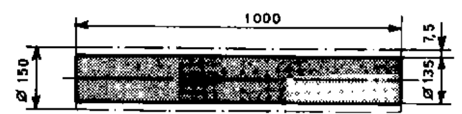
$$T_c = \frac{l}{s} \cdot \frac{\pi \cdot d}{1000 \cdot v} \cdot N, \text{ min; también } T_c = \frac{l}{s \cdot n} \cdot N;$$

$$n = \frac{1000 \cdot v}{d \cdot \pi}$$

siendo:

- l La longitud a tornear en mm.
- s El avance de la cuchilla por vuelta o revolución de la pieza.
- D El diámetro medio de torneado en mm.
- D' El diámetro de la pieza con sobreespesor en mm.
- d El diámetro de acabado en mm.
- v La velocidad de corte en m/min.
- n El número de revoluciones por minuto.

Ejemplo.—Torneado de una pieza cilíndrica de acero de 60 kg/mm², de 135 mm∅ (acabado) y de 1,00 m de longitud; el sobreespesor es de 7,5 mm (redondo en bruto de 150 mm).



De acuerdo con el sobreespesor se darán tres pasadas longitudinales, las dos primeras para desbastado de 7 mm, y la última para acabado de a ≈ 0,5 mm.

Según la Tabla 17.12 la velocidad de corte es v = 25 m/min, y s = 0,4 mm de avance por vuelta para el acabado, 0,7 × 25 = 17,5 m/min para el desbastado.

Velocidad media v_m = (2 × 17,5 + 25):3 = 20 m/min

Diámetro para el cálculo, D ≈ 135 + 7,5 = 142,5 mm.

Tiempo de corte

$$T_c = \frac{1000}{0{,}4} \times \frac{\pi \times 142{,}5}{1000 \times 20} \times 3 = 167{,}9 \text{ minutos}$$

Número de revoluciones:

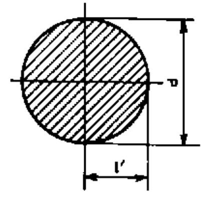
$$n = \frac{20 \times 1000}{\pi \times 142{,}5} = 44{,}68 \text{ r.p.m.}$$

También:

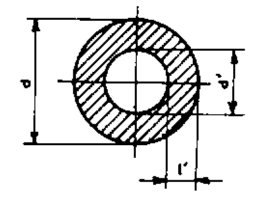
$$T_c = \frac{1000}{0{,}4 \times 44{,}68} \times 3 = 167{,}86 \text{ minutos}$$

Para el tronzado de una sección circular de diámetro d, por aproximación se considerará que el corte se puede igualar al torneado del mismo redondo de longitud l' = d/2.

Para una sección anular (ranurado), la longitud se hará l = (d − d')/2.



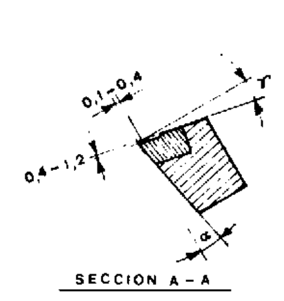
Tronzado circular

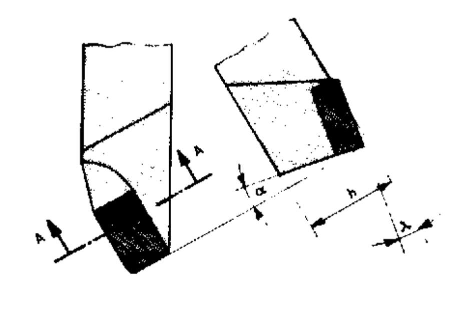


Ranurado anular

NOTA.—El cálculo de tiempo de torneado es de aplicación para el cálculo de tiempo de mandrinado.

Ángulos de corte

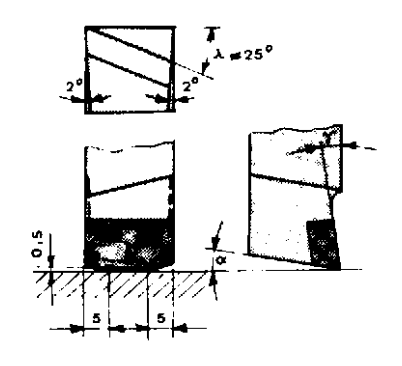


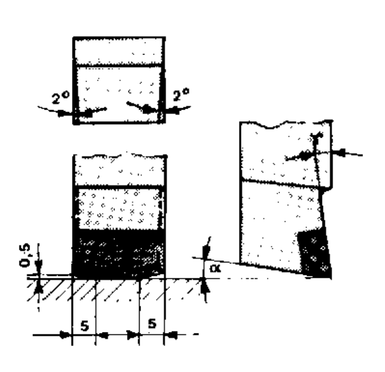


VALORES INDICATIVOS

Material a cepillar	Dureza kg/mm² HB	Grupo de empleo	Ángulo de corte α	γ	λ	Velocidad de corte m/min	Avance del corte mm	Profundidad del corte mm
Acero suave	45 kg/mm²	P 40	6°	20°	−10°	40 - 60	3	0,2 - 5
Acero semiduro	60 kg/mm²	P 40	6°	20°	−15°	30 - 40	2	0,2 - 5
Acero duro	85 kg/mm²	P30-M20	6°	10°-15°	−15°	20 - 30	1,5	0,2 - 5
Acero duro	90-110	M20-K10	6°	5°-10°	−15°	15 - 20	1	0,2 - 5
Acero ligeramente aleado	150 kg/mm²	P40-M20	6°	10°-15°	−15° --20°	10 - 15	0,8	0,2 - 5
Acero fundido	50 kg/mm²	P 40	6°	20°	−15°	30 - 40	2,5	0,5 - 5
Acero fundido duro	50-80	P 50	6°	20°	−15°	20 - 30	1,5	0,2 - 5
Fundición gris	HB-180	K 10	6°	20°	−15°	30 - 40	2	0,5 - 5
Fundición dura	HB-220	P 30	6°	15°	−15°	30 - 50	2,5	0,5 - 5
Fundición acerada	HB-250	M 20	6°	15°	−15°	25 - 40	1,5	0,5 - 5
Bronces y latones	30-40 kg	K10-M20	6°	5°-10°	−15°	40 - 60	3	0,5 - 5
Aleaciones ligeras	HB 80-120	K 10	6°	10°-15°	−15°	40 - 80	1	0,5 - 5

Cuchillas para alisado





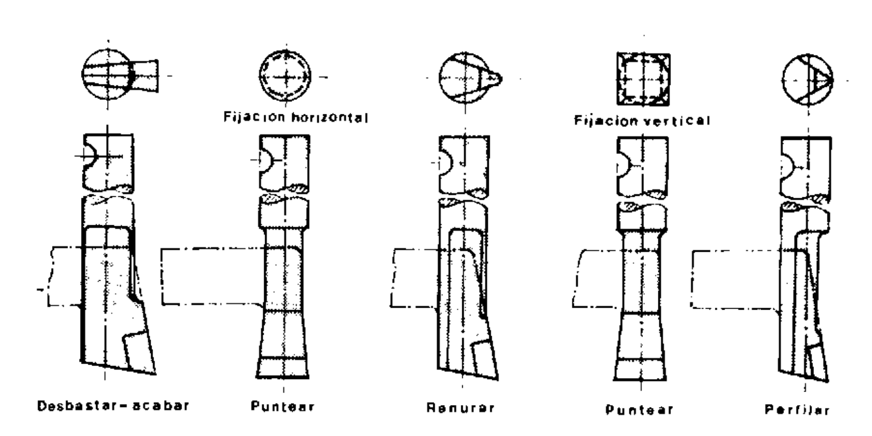
En todo caso, la arista de corte será recta y estará dispuesta rigurosamente paralela a la línea de acabado de la pieza (horizontal).

Para el acero, velocidad v = 20 a 30 m/min; avance e ≈ 3 mm; profundidad de corte a = 0,1 mm.

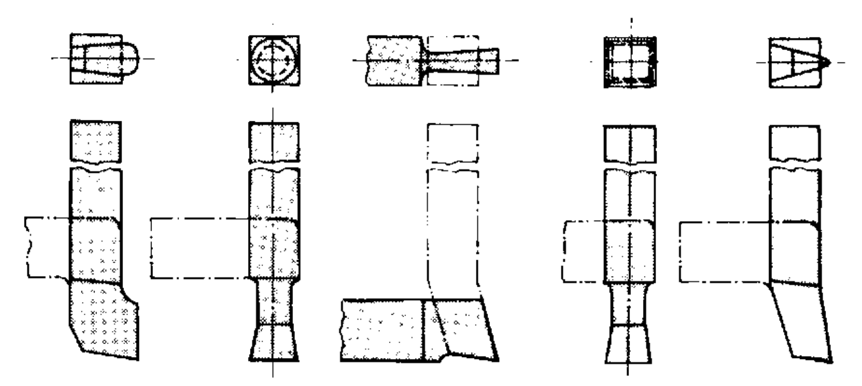
Para la fundición, velocidad v = 15 a 20 m/min; avance e ≈ 3 mm; profundidad de corte a = = 0,05−0,1 mm.

CUCHILLAS PARA MORTAJADO DISPOSICIÓN Y APLICACIÓN

Cuchillas con plaquitas de metal duro



Cuchillas de acero al carbono y rápido



NOTA.—Las cuchillas de mortajar se fijan lateralmente o debajo del cabezal por medio de soportes portaútiles de posición fija, mediante dispositivo mecánico.

VALORES INDICATIVOS PARA EL MORTAJADO

Material a mortajar	*Resistencia kg/mm²*	*Velocidad de corte v, m/min.*	*Avance, s mm/carrera*		*Ángulo de salida α*
			Desbastado	*Acabado*	
Acero suave	< 45	10 a 15	0,5 a 1	0,2 a 0,4	12°
Acero semiduro	< 60	6 a 10	0,5 a 1	0,2 a 0,4	12°
Acero duro	< 85	4 a 8	0,4 a 0,8	0,2 a 0,3	10°
Acero fundido	50 a 80	5 a 10	0,5 a 1	0,2 a 0,4	12°
Fundición	< HB 180	8 a 15	0,5 a 1,2	0,1 a 0,3	12°
Bronce y latón	< 40	15 a 40	0,5 a 1,2	0,1 a 0,3	12°
Aleaciones ligeras	< 40	25 a 60	0,5 a 1,2	0,1 a 0,3	12°

TIEMPOS DE CORTE EN EL CEPILLADO

Tiempo de corte

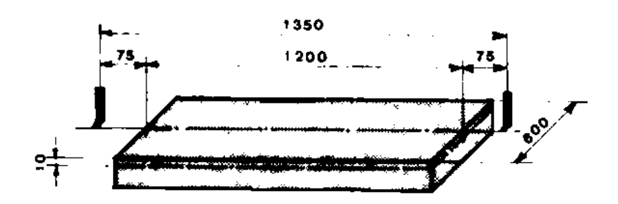
Según el sobreespesor H para cepillado y de acuerdo con la profundidad de corte a, se calculará el número de pasadas de cepillado N, procurando que para la pasada final el sobreespesor sea a = 1 a 0,5 mm (Tabla 19.12).

El tiempo de corte se calculará por la fórmula:

$$T_c = N\left[\frac{b}{s}\cdot\left(\frac{L}{v_a}+\frac{L}{v_r}\right)\right], \text{ min, en la que:}$$

N Número de pasadas de cepillado
b Ancho de la pieza en mm
s El avance por recorrido de la pieza o cuchilla (avance y retroceso)
l La longitud de la pieza en mm
m El espacio muerto recorrido por la cuchilla (entrada y salida)
L El recorrido total de la mesa o cuchilla, $L = l + 2 \cdot m$
v_a La velocidad de avance, m/min
v_r La velocidad de retroceso, m/min
n El número de cursos (avance y retroceso) precisos para una operación de cepillado

Ejemplo. — Cepillado de una placa de fundición dura de 1,20 m de longitud por 0,60 m de anchura, con un sobreespesor de 10 mm para el cepillado.



De acuerdo con la profundidad de corte de la Tabla 19.12 (a = 0,5 a 5 mm) se considera que el cepillado total se realizará en tres pasadas de cepillado, haciendo la última ≈ 0,5 mm para el acabado.

Velocidad de corte, v_c = 30 m/min (Tabla 19.12).
Velocidad de retroceso, v_r = 50 m/min (de acuerdo con las características de la máquina).
Espacios muertos, m ≈ 75 mm.
Carrera de la cuchilla o mesa, L = 1200 + 2 × 75 = 1350 mm (= 1,35 m).
Avance por recorrido, s = 2,5 mm (Tabla 19.12).
Tiempo de corte:

$$T_c = 3\left[\frac{600}{2,25}\times\left(\frac{1,35}{30}+\frac{1,35}{50}\right)\right] = 3\times 240\times(0,045 + 0,027) = 51,84 \text{ min.}$$

Número de cursos, $\eta = \frac{600}{2,5}$ = 240 por pasada; 240 × 3 = 720 cursos en las tres pasadas.

Tiempo por curso completo, $t_c = \frac{1,35}{30} + \frac{1,35}{50}$ = 0,072 minutos

También tiempo de corte, T_c = 3 × 240 × 0,072 = 51,84 minutos

(Cursos por minutos, $c_m = \frac{1}{0,072}$ = 13,89).

NOTA. — El cálculo de tiempo de cepillado es de aplicación para el cálculo de tiempo de mortajado.

OPERACIONES DE FRESADO

VALORES INFORMATIVOS

Operacion de fresado	Material	Desbastado		Acabado		Observaciones
		Velocidad v m/min	Desplazamiento 5 mm/min	Velocidad v m/min	Desplazamiento 5 mm/min	
		Profundidad de pasada ≈ 5 mm		Profundidad de pasada ≈ 1 mm		
CILINDRADO O PLANEADO	Acero no aleado hasta 80 kg/mm²	16...18	90...150	18...22	60...90	Toda clase de fresado hasta 100 mm de ancho en fresado normal
	Acero ligeramente aleado hasta 110 kg/mm².	10...13	50...70	13...16	35...45	
	Fundición gris	12...14	10...170	14...18	70...100	
	Latón, bronce	30...40	160...220	40...60	100...160	
b = ancho de la fresa	Aluminio aleado	180...300	200...350	220...320	100...200	
REFRENTADO	Acero no aleado	20...25	80...120	25...30	45...70	Ancho del fresado ≈ 0,8 · D, siendo D el diámetro de la fresa
	Acero ligeramente aleado	12...15 32...40	50...70 80...90	16...30 40...45	45...70 56...70	
	Fundición gris	16...20 50...63	110...160 140...200	20...25 63...70	50...80 125...180	
	Latón, bronce.	45...60	220...280	50...70	90...140	
b = 0,8 · D	Aluminio aleado	240...320 400...500	240...360 350...400	260...380 500...630	90...170 250...350	
RANURADO	Acero no aleado	16...18	35...55	20...24	75...100	Las fresas de alto rendimiento deben estar sólidamente fijas
	Acero ligeramente aleado	12...14	15...25	16...28	40...55	
	Fundición gris	14...16	40...75	18...20	80...110	
	Latón, bronce	30...40	60...100	50...60	100...140	
Fresas de manguito	Aluminio aleado	160...200	60..100	180...240	80...120	
RANURADO	Acero no aleado	12...16	26...34	18...24	20...30	Valores contraavance para perfil simple y fresado normal.
	Acero ligeramente aleado	10...14	18...24	14...18	15...20	
	Fundición gris	14...16	35...45	16...22	25...35	
	Latón, bronce	26...32	50...65	30...40	35...35	
Fresas de disco	NOTA.—Se considerarán valores iguales a los indicados en operaciones de fresado similares a las expuestas.					

FRESADO DE METALES
APLICACIÓN ORIENTATIVA DE FRESAS. LUBRICANTES DE CORTE

Agrupación de las fresas para operaciones de corte

Considerando las operaciones de fresado especificadas anteriormente, como cilindrado o planeado por medio de fresas cilíndricas, refrentado también por medio de fresas cilíndricas, ranurado con fresas de disco, y asimismo ranurado con fresas de manguito, para aplicación de las fresas según su dentado y ángulo de inclinación de los filos (λ), se establecen los grupos siguientes:

Grupo A. – Fresas con dentado fino y ángulo λ de inclinación de los dientes pequeño.
Grupo B. – Fresas con dentado grueso y ángulo λ de inclinación media.
Grupo C. – Fresas con dentado muy grueso y ángulo λ de inclinación de los dientes grande.

Aplicación de los grupos de fresas

Según los materiales se aplicará para su fresado el grupo que se considera más conveniente; en el cuadro que sigue se citan diversos materiales a fresas, y se señala con ■■■■ el grupo que se considera más conveniente, y con ▨▨▨▨ el grupo también utilizable.

MATERIAL A FRESAR	*GRUPO DE FRESAS*		
	A	*B*	*C*
Acero de 45 kg/mm²		■■■■	▨▨▨▨
Acero de 60-85 kg/mm²		■■■■	
Acero de 90-110 kg/mm²	▨▨▨▨	■■■■	
Acero de 150 kg/mm²	■■■■		
Acero fundido (moldeado)	▨▨▨▨	■■■■	
Fundición gris 180 HB		■■■■	
Fundición de más de 180 HB	■■■■		
Fundición maleable		■■■■	
Cobre y aleaciones blandas de Cu		▨▨▨▨	■■■■
Aleaciones de cobre frágiles	▨▨▨▨	■■■■	
Aleaciones de zinc		▨▨▨▨	■■■■
Aleaciones de aluminio blandas			■■■■
Aleaciones de aluminio semiduras		■■■■	▨▨▨▨
Aleaciones de aluminio duras para pequeñas velocidades de corte		■■■■	
Aleaciones de aluminio duras para grandes velocidades de corte			■■■■
Aleaciones de manganeso		▨▨▨▨	■■■■
Materiales sintéticos		■■■■	▨▨▨▨
Materiales sintéticos prensados			■■■■

Lubricantes. – Refrigerantes para el fresado

Como medio lubricante-refrigerante, para el fresado se utilizará:

a) Para aceros .... Aceite de corte, taladrina
b) Para fundiciones grises .... En seco
c) Para aleaciones de cobre .... Aceite de corte, taladrina
d) Para aleaciones de aluminio .... Petróleo

TIEMPOS DE CORTE EN EL FRESADO

Tiempo de corte

Según el sobreespesor para fresado o la profundidad del ranurado, se considerará el número de pasadas a efectuar, de acuerdo con los valores informativos de la Tabla 21.12.

El tiempo de fresado se calculará por la fórmula:

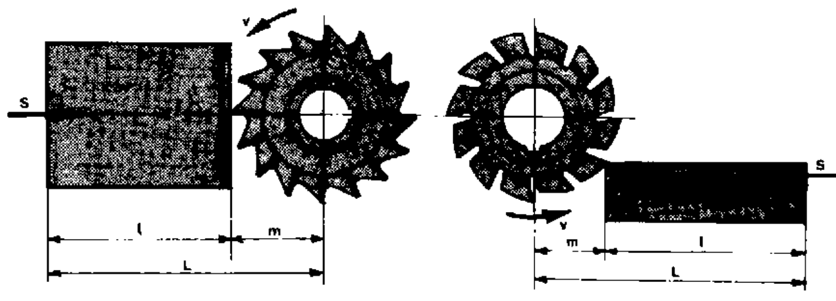
$$T_c = \frac{\pi \cdot d \cdot L}{v \cdot s' \cdot 1000} \cdot N, \text{ min; también } \quad T_c = \frac{L}{S} \cdot N, \text{ minutos.}$$

$$s' = \frac{S}{n}; \quad n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d},$$

siendo:

- d El diámetro de la fresa en mm.
- l La longitud de la pieza o de fresado en mm.
- m El espacio muerto recorrido por la fresa, en mm.
- L La longitud total recorrida por la fresa (L = l + m).
- N El número de pasadas de fresado.
- v La velocidad de corte m/min.
- S La velocidad o avance (desplazamiento) de la mesa por minuto.
- s' La velocidad o avance de la fresa por revolución.
- v La velocidad de corte.
- n El número de revoluciones de la fresa por minuto.

Los espacios de entrada m (muertos) se considerarán teniendo en cuenta la forma de fresado.



Fresado frontal *Fresado ranurado (fresas de forma)*

Ejemplo.—Tallado de una rueda dentada de 48 dientes módulo 3 con fresa de forma. El ancho de la rueda (longitud del diente) es de 50 mm, y el material acero de 45 kg/mm².

Según la Tabla 21.12 la velocidad de corte es $v \approx 15$ m/min, y la de avance de la mesa $s \approx 30$ m/min.

La profundidad del diente es $h = 2{,}25 \cdot m = 2{,}25 \times 3 = 6{,}75$ mm ($> a \approx 5$ mm); se tallará de dos pasadas.

El diámetro de la fresa será de 80 mm, y su número de dientes z = 10 (Tabla 17.11).

Número de revoluciones de la fresa, $n = \frac{1000 \times 15}{\pi \times 80} = 59{,}7$

Avance de la fresa por revolución, $s' = \frac{30}{59{,}7} \approx 0{,}5$ mm.

$m \approx 30$ mm; recorrido de la mesa, $L = 50 + 30 = 80$ mm.

Tiempo de fresado, $T_c = \frac{\pi \times 80 \times 80 \times 48}{15 \times 0{,}5 \times 1000} \times 2 = 257$ minutos.

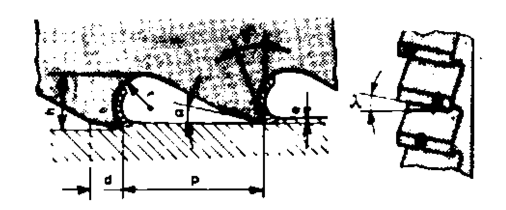
Tambien $T_c = \frac{80 \times 48 \times 2}{30} = 256$ minutos.

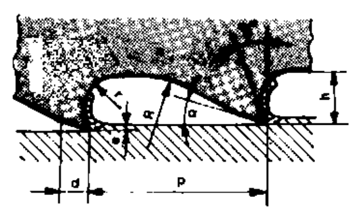
NOTA.—El cálculo de tiempo de fresado es de aplicación para el cálculo de tiempo de amolado.

BROCHADO
VALORES INDICATIVOS

Forma del dentado

La forma del diente está configurada: por la superficie de ataque, por el ángulo de salida (despulla) y por el fondo (en el que deposita la viruta después de arrancada). La diferencia de altura entre dos dientes consecutivos es la progresión c que se mantiene invariable; los dientes pueden ser de paso normal o alargado.





Paso del diente, $p = 0{,}4 \cdot l$ para $l < 15$; $p = 1{,}75 \cdot \sqrt{l}$ para $l > 15$.
En diente normal, $h = p/3$; $d = p/4$; $r = p/5$.
En diente alargado, $h = p/5$; $d = p/6$; $r = p/8$; $R = p/4$.
En brochas planas el ángulo de oblicuidad λ se hace de 0° a 30° según el material que se ha de brochar.

Progresión y ángulos de corte

VALORES INDICATIVOS

Material a brochar	*Progresión e, mm*			*Ángulos de corte*		
	Desbastado	*Semiacabado*	*Acabado*	*Salida, γ*	*Desbastado, α*	*Acabado, α*
Aceros de 45 a 60 kg/mm²	0,05 - 0,1	0,02 - 0,05	0,01 - 0,02	15° - 20°	2° - 3°	0 - 1°
Aceros de 60 a 85 kg/mm²	0,04 - 0,08	0,02 - 0,04	0,01 - 0,02	15° - 20°	2° - 3°	0 - 1°
Aceros de 85 a 110 kg/mm²	0,03 - 0,05	0,02 - 0,03	0,01 - 0,02	12° - 15°	2° - 3°	0 - 1°
Fundiciones	0,1 - 0,3	0,02 - 0,05	0,01 - 0,02	6° - 10°	1° - 3°	1
Latones y bronces	0,1 - 0,4	0,02 - 0,08	0,01 - 0,02	0 - 10°	0 - 1°	0° - 1
Aleaciones ligeras	0,1 - 0,2	0,02 - 0,05	0,01 - 0,02	15° - 20°	1° - 3°	1° - 3°

Velocidades y líquidos de corte

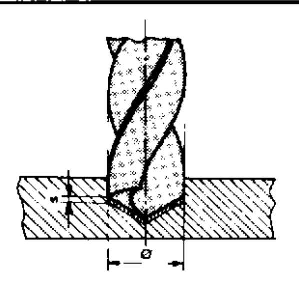
VALORES INDICATIVOS

Material a brochar	*Velocidad de corte, m/min.*	*Líquidos de corte*
Aceros de 45 a 60 kg/mm².	2 a 4	Aceite mineral azufrado
Aceros de 60 a 85 kg/mm².	2 a 3	Aceite mineral azufrado
Aceros de 85 a 110 kg/mm².	1 a 2	Aceite soluble
Fundiciones	3 a 6	Aceite mineral o soluble
Latones y bronces	3 a 6	Aceite soluble
Aleaciones ligeras	4	Aceite mineral

Material para fabricación de brochas

Material a brochar	*Clase de acero*
Materiales fáciles de brochar	Acero al cromo
Materiales con alguna dificultad al brochado	Acero al cromo-cobalto
Materiales no abrasivos (acero semiduro, bronce, latón, etc.)	Acero rápido al wolframio
Materiales difíciles de brochar	Acero rápido al cobalto

Útiles de corte	BROCAS APLICACIÓN.—VALORES INDICATIVOS	TABLA 24 . 12



VALORES INDICATIVOS

Material	*Velocidad de corte v m/min*	*Diámetro de la broca*				*Refrigeración-lubricación*
		5	*12*	*25*	*40*	
		Avance por vuelta, s mm.				
Acero 45 kg/mm²	25...40	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Acero 60 kg/mm²	25...32	0,10	0,18	0,27	0,35	Emulsión de aceite soluble
Acero 85 kg/mm²	20...28	0,08	0,15	0,24	0,32	Emulsión de aceite soluble
Acero 90-110 kg/mm²	12...20	0,06	0,20	0,20	0,28	Emulsión de aceite soluble
Acero 150 kg/mm²	8...15	0,04	0,10	0,16	0,24	Aceite de corte
Acero fundido 50 kg/mm²	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	Emulsión de aceite soluble
Acero fundido 50-80 kg/mm²	15...25	0,10	0,20	0,30	0,40	Emulsión de aceite soluble
Fundición gris	20...35	0,15	0,25	0,40	0,55	En seco
Fundición dura	15...25	0,10	0,18	0,28	0,38	En seco
Cobre	30...70	0,12	0,20	0,28	0,36	Aceite soluble
Latón	40...80	0,10	0,20	0,30	0,40	En seco
Latón duro	30...70	0,15	0,25	0,35	0,45	En seco
Bronce	30...70	0,10	0,20	0,30	0,40	Aceite soluble
Aleaciones de aluminio	80...120	0,15	0,25	0,35	0,45	Aceite soluble o en seco
Aleaciones duras de aluminio	100...160	0,15	0,25	0,40	0,55	Aceite soluble con petróleo
Aleaciones de magnesio	120...175	0,30	0,45	0,60	0,75	En seco
Plásticos	30...40	según observaciones				Aire comprimido
Mármol	10	0,03	0,05	0,10	0,15	Agua

Cuando se efectúan taladros profundos, los avances s por vuelta se reducirán de acuerdo con los valores que se indican en la Tabla que sigue:

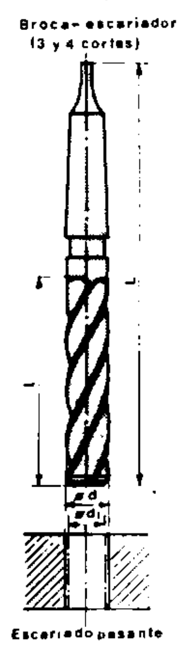
Broca de...	*Profundidad de taladro hasta...*	*Profundidad de taladro de...*	*Profundidad de taladro superior a...*
20 mm diámetro	≈ 5 veces ∅ broca	5 hasta 8 veces ∅ broca	8 veces ∅ broca
32 mm diámetro	≈ 4	4 6,3	6,3
50 mm diámetro	≈ 3,15	3,15 5	5
80 mm diámetro	≈ 2,5	2,5 4	4
	1 Avance	0,8 del avance	0,5 del avance

NOTA.—Para brocar de pequeño diámetro se tomarán las mayores velocidades v de corte por minuto, y para las de grandes diámetros se tomarán los menores valores de v.

TALADRADO
ÚTILES PARA ESCARIADO Y AVELLANADO

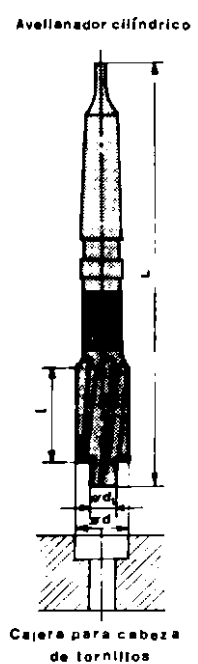
Escariadores y avellanadores

Broca-escariador (3 y 4 cortes)



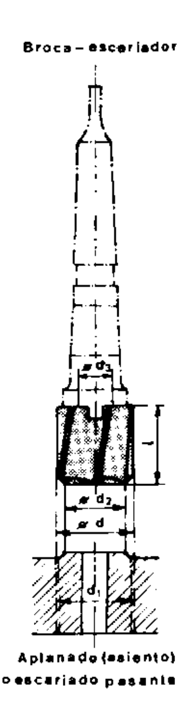
Escariado pasante

Avellanador cilíndrico



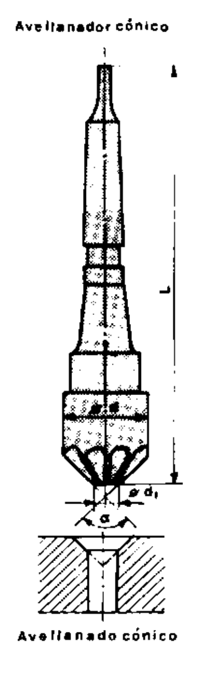
Cajera para cabeza de tornillos

Broca-escariador



Aplanado (asiento) o escariado pasante

Avellanador cónico



Avellanado cónico

Dimensiones (mm)

Ø Taladrado d_2	6,30 - 34,5	Asiento torn.	M8 - M24	Diámetro d	25 - 100	Diámetro d	16 - 25
Ø Pre-escariado d_1	8,80 - 49,6	Avellanado d	15 - 40	Ø Pre-escariado d_1	24,7-99,5	Diámetro d_1	3,2 - 7
Ø Escariado d	9 - 50	Guía d	8,4 - 25	Diámetro d_2	20 - 85	Longitud L	95 - 195
Longitud l	81 - 220	Longitud l	20 - 40	Diámetro d_3	13 - 40	Ángulo α	60°, 90°, 120°
Longitud L	162 - 369	Longitud L	130 - 190	Longitud l	45 - 90	Cono morse	1 - 4
Cono morse	1 - 4	Cono morse	2 - 3				

Aplicaciones

VELOCIDADES Y AVANCES CON ÚTILES DE ACERO RÁPIDO

Materiales	*Útiles de corte*	*Velocidad de corte v, m/min.*	*Diámetro de corte 10...16*	*16...26*	*26...40*
			Avances s, por vuelta		
Acero	Avellanadores	8...14	0,1	0,15	0,2
Acero fundido (colado)					
Fundición maleable	Escariadores	10...20	0,2	0,3	0,4
Bronce (duro)	Escariadores	10...20	0,2	0,3	0,4
Fundición gris	Avellanadores	8...12	0,2	0,2	0,2
	Escariadores	12...18	0,25	0,3	0,3
Latón	Avellanadores	30	0,2	0,2	0,2
Aleaciones ligeras	Escariadores	40	0,25	0,3	0,4

NOTA. — Líquidos refrigerantes-lubricantes, como en el taladrado (página anterior).

TALADRADO. ESCARIADORES DE MANGUITO
DISPOSICIÓN, VALORES INDICATIVOS Y LUBRICANTES

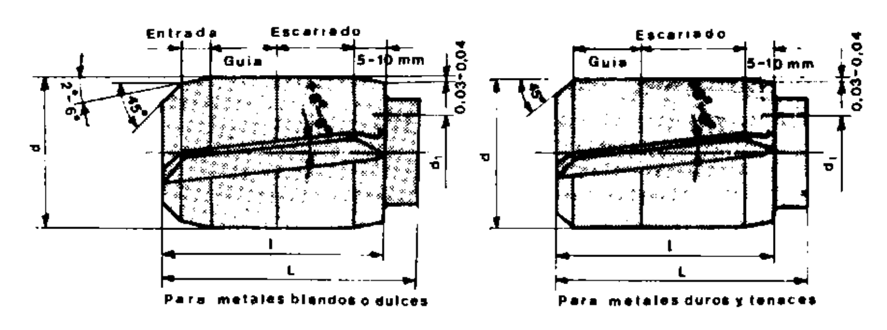
Disposición de los escariadores

Los escariadores de manguito para máquinas se utilizan para obtener orificios cilíndricos de gran precisión por medio de taladradoras, tornos y mandrinadoras; se utilizan trabajando sobre agujeros de diámetro ligeramente menor (en algunas décimas de mm) que el previsto.

El sobreespesor para escariado suele hacerse el 1% del diámetro previsto, o menos.

El perfil de los escariadores consta de: embocadura, zona cilíndrica de guía, zona de escariado ligeramente cónica hacia el mango (de 0,01 a 0,04 mm).

Para evitar que la superficie escariada resulte rayada se construyen los filos de forma helicoidal o de paso angular desigual y opuestos dos a dos; el paso helicoidal se hace a izquierda para metales ligeros o dulces, nulo para los de viruta desmenuzable, y a derecha para los duros y tenaces.



Para metales blandos o dulces — Para metales duros y tenaces

Dimensiones

Especificación	*Diámetro d*	*Diámetro d_1*	*Longitud l*	*Longitud L*
Dimensiones en mm	*25 a 100*	*13 a 50*	*32 a 71*	*45 a 100*

Número de dientes	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8	α_9
8	42°	44°	46°	48°					
10	33°	34°30′	36°	37°30′	39°				
12	27°30′	28°30′	29°30′	30°30′	31°30′	32°30′			
14	23°30′	24°15′	25°	25°45′	26°30′	27°	28°		
16	20°30′	21°	21°30′	22°15′	22°45′	23°15′	24°	24°45′	
18	17°20′	18°	18°40′	19°20′	20°	20°40′	21°20′	22°	22°40′

Aplicaciones

VALORES INDICATIVOS

Materiales	*Velocidad de corte v, m/min.*		*Avance s, mm por vuelta*					*Líquidos refrigerantes lubricantes*
			Diámetros					
	Acero rápido	*Metal duro*	*5*	*10*	*25*	*50*	*100*	
Aceros < 70 kg/mm²	5...10	12...20	0,2		0,4	0,5	0,5	
Aceros > 70 kg/mm²	3...8	6...12	a	0,3	a	a	a	Aceite de corte
Acero fundido	4...10	12...18	0,3		0,5	0,6	0,7	
Fundición gris	4...6	8...16						En seco
Cobre y bronce	8...12	10...15	0,5	0,8	1	1,5	2	En seco o
Latón	12...18	15...20	a	a	a	a	a	aceite soluble
Aleaciones ligeras	15...30	20...40	0,8	0,1	1,5	2	3	Aceite soluble, petróleo
Material sintético	10...30	15...30						En seco

TIEMPOS DE CORTE EN EL TALADRADO

Tiempo de corte

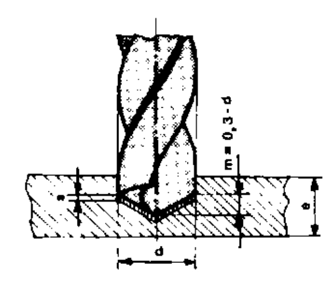
En el taladrado, el tiempo de corte se calculará por la fórmula:

$$T_c = \frac{\pi \cdot d \cdot L}{s \cdot v \cdot 1000} \cdot N, \text{ min}; \quad \text{también } T_c = \frac{L}{s \cdot n} \cdot N$$

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d},$$

siendo:

- d Diámetro de la broca (agujero); mm
- e El espesor de la pieza a taladrar o la profundidad de taladro, mm
- m La punta de la broca (espacio muerto), mm
- L El recorrido total de la broca ($L = e + m$) mm, $\approx 0{,}3 \cdot d$
- v La velocidad de corte, m/min
- s El avance por revolución de la broca, mm
- n El número de revoluciones de la broca por minuto
- N El número de agujeros a taladrar



Ejemplo. – Cálculo del tiempo para taladrar 12 agujeros de 30 mm de diámetro en una placa de acero fundido (de 50 kg/mm²), de 150 mm de espesor.

Según la Tabla 8.32 la velocidad de corte de la broca es de 25 m por minutos (aprox.), y el avance de la broca por vuelta, $s \approx 0{,}45$ mm.

Carrera total de la broca, $L = 150 + 0{,}3 \times 30 = 159$ mm

Tiempo de corte:

$$T_c = \frac{\pi \times 30 \times 159}{0{,}45 \times 25 \times 1000} \times 12 = 16 \text{ minutos}$$

Número de vueltas, $n = \dfrac{25 \times 1000}{\pi \times 30} \approx 265{,}26$ r.p.m.

Avance de la broca por minuto, $S = 265{,}26 \times 0{,}45 = 119{,}37$ mm.

También: $$T_c = \frac{159}{0{,}45 \times 265{,}26} \times 12 = 16 \text{ minutos.}$$

NOTA. – El tiempo de cálculo del taladro es de aplicación al cálculo de tiempo de roscado a máquina.

ROSCADO CON MACHOS
MACHOS DE ROSCAR

Aplicación

Con determinados límites del diámetro de un agujero y machos de roscar adecuados, se obtienen roscas precisas.

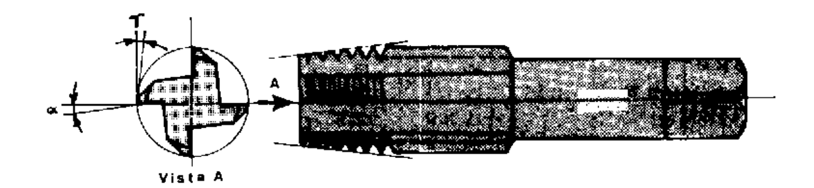
El roscado puede efectuarse a mano accionando el macho mediante un giramachos de dos brazos; la operación debe efectuarse procurando que los machos queden centrados respecto del agujero, para evitar roscados oblicuos. Se utiliza un juego de dos machos para roscas finas, y de tres para roscas normales; con el juego de tres machos, el primero realiza el roscado previo, el segundo el roscado medio, y con el tercero el roscado final o acabado.

Para el roscado a máquina se utiliza un solo macho, con el que se consigue el roscado final en una sola operación.

Materia para machos

Los machos de roscas se fabrican con acero al carbono, de calidad, con rosca sin rectificar; se emplean para el roscado de materiales no muy duros (< 70 kg/mm²) que no exigen gran precisión de rosca, y machos de acero rápido con rosca rectificada y destalonada para el roscado de materiales duros (> 70 kg/mm²) y roscados de precisión, agujeros de gran longitud, y trabajos de roscado de series en máquinas.

Los frentes de los filos de los machos, como en las cuchillas de corte, requieren el ángulo libre de entrada α, y el de salida del material arrancado γ, variables según el material a roscar.



Material a roscar	Ángulos de corte		Velocidad de corte v, m/min	Lubricante-refrigerante
	α	γ		
Acero de 45 a 60 kg/mm²	15°	6°	8...16	Aceite de corte
Acero de 60 a 85 kg/mm²	12°	6°	8...14	Aceite de corte
Acero de 85 a 110 kg/mm²	8°	4°	6...12	Aceite de corte
Acero inoxidable al cromo	8°	4°	6...10	Aceite azufrado
Acero inoxidable al níquel	6°	3°	4...8	Aceite azufrado
Fundición gris	4°...6°	3°	8...12	En seco o petróleo
Fundición maleable	8°	4°	6...10	Aceite de corte
Cobre	20°	8°	12...20	Emulsión de aceite
Bronce	10°	6°	10...18	Emulsión de aceite
Latón	4°	6°	20...25	Emulsión de aceite
Aleaciones de zinc	6°	5°	8...12	Aceite de colza
Aleaciones ligeras blandas	25°	8°	15...25	Emulsión de aceite o petróleo
Aleaciones ligeras semiduras	18°	8°	20...25	Emulsión de aceite o petróleo
Aleaciones ligeras duras	12°	8°	12...18	Emulsión de aceite o petróleo
Plásticos	12°	6°	12...20	En seco con aire comprimido
Plásticos prensados	18°	6°	12...20	En seco con aire comprimido

Útiles de corte	**ROSCADO CON MACHOS** **DIÁMETRO DE LOS AGUJEROS DE PRERROSCADO**	TABLA 28 . 12

Diámetro de prerroscado

El diámetro de las roscas para agujeros de prerroscado debe ser ligeramente mayor que el de la rosca a realizar, disminuyendo así el esfuerzo de corte y el riesgo de rotura de el macho; sus valores orientativos para diversos tipos de roscas se exponen en la Tabla que sigue:

VALORES INDICATIVOS DE PRERROSCADO

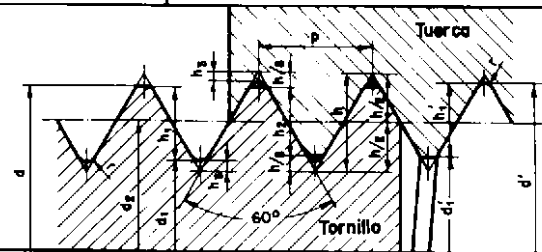
TIPO DE ROSCA

Métrica		*Métrica fina*		*Withworth*		*Withworth fina*		*Rosca gas*	
⌀ Rosca	*⌀ Broca*	*Paso mm.*	*⌀ Normal-...*	*⌀ Rosca"*	*⌀ Broca*	*⌀ Rosca"*	*⌀ Broca*	*⌀ Rosca*	*⌀ Broca*
M 1	0,75		(⌀ de la	W 1/16	1,2	3/16	4	R 1/8	8,7
M 1,1	0,85		broca =	W 1/32	1,9	7/32	4,6	R 1/4	11,6
M 1,2	0,95		⌀ normal	W 1/8	2,5	1/4	5,3	R 3/8	15,25
M 1,4	1,1		de la rosca	W 5/32	3,2	9/32	6,1	R 1/2	19
M 1,6	1,25		menos...)	W 3/16	3,7	5/16	6,8		
M 1,8	1,45			W 7/32	4,6			R 5/8	20,75
M 2	1,6	0,20	0,20	W 1/4	5,1	3/8	8,3	R 3/4	24,5
M 2,2	1,75			W 5/16	6,5	7/16	9,7	R 7/8	28
M 2,5	2,05	0,25	0,25	W 3/8	7,9	1/2	11,1	R 1	30,5
M 3	2,5			W 7/16	9,2	9/16	12,7		
M 3,5	2,9	0,35	0,35	W 1/2	10,5	5/8	14	R 1-1/4	35,5
M 4	3,3			W 5/8	13,5			R 1-1/8	39,5
M 4,5	3,7	0,50	0,50	W 3/4	16,5	11/16	15	R 1-3/4	41,5
M 5	4,2			W 7/8	19,2	3/4	16,75	R 1-1/2	45
M 6	5			W 1	22	7/8	19,75		
M 7	6			W 1-1/8	24,5	1	22,75	R 1-3/4	51
M 8	6,8	0,75	0,75	W 1-1/4	27,7	1-1/8	25,5	R 2	57
M 10	8,5			W 1-3/8	30,5			R 2-1/4	63
M 12	10,2	1	1	W 1-1/2	33,5	1-1/4	28,75	R 2-1/2	72,5
M 14	12			W 1-5/8	35,5	1-3/8	31,5		
M 16	14	1,25	1,25	W 1-3/4	39	1-1/2	34,5	R 2-3/4	79
M 18	15,5			W 1-7/8	41,5	1-5/8	38	R 3	85,5
M 20	17,5	1,50	1,50	W 2	44,5	1-3/4	40,5		
M 22	19,5			W 2-1/4	50				
M 24	21			W 2-1/2	56	2	47		
M 27	24	2	2	W 2-3/4	61,5				
M 30	26,5			W 3	68				
M 33	29,5	3	3						
M 36	32								
M 39	35	4	4						
M 42	37,5								
M 45	40,5	5	5						
M 48	43								
M 52	47,5								
M 56	50,5								
M 60	54,5	6	6						
M 64	58								
M 68	62								

SECCIÓN DECIMOTERCIA

ROSCAS, TORNILLOS Y ARANDELAS, PASADORES, CHAVETAS, CONOS

Roscas	ROSCA MÉTRICA	TABLA 1 . 13



— Relaciones —

$h = 0,866\ p$

$h_1 = 0,695\ p,$ $(h_1 = h_1')$

$h_2 = 0,650\ p$

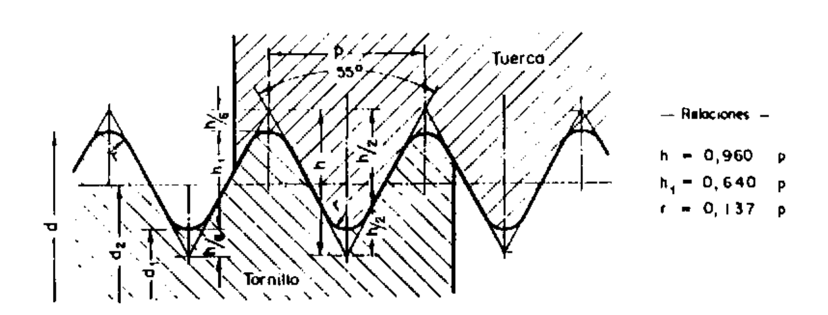
$h_3 = 0,045\ p$

$r = 0,063\ p$

(Concuerda con la norma DIN 13 y 14)

Diámetro de la rosca	TORNILLO					Rosca portante	Radio medio	TUERCA		Diámetro de la rosca
	Núcleo	Sección del núcleo	Diámetro medio	Paso	Altura rosca			Diámetro de rosca	Diámetro de núcleo	
d	d_1	cm^2	d_2	p	h_1	h_2	r	d'	d_1'	d
1	0,652	0,0033	0,838	0,25	0,174	0,162	0,02	1,024	0,676	1
1,2	0,852	0,0057	1,038	0,25	0,174	0,162	0,02	1,224	0,876	1,2
1,4	0,984	0,0076	1,205	0,3	0,208	0,195	0,02	1,426	1,010	1,4
1,7	1,214	0,0116	1,473	0,35	0,243	0,227	0,02	1,732	1,246	1,7
2	1,444	0,0164	1,740	0,4	0,278	0,260	0,03	2,036	1,480	2
2,3	1,744	0,0239	2,040	0,4	0,278	0,260	0,03	2,336	1,780	2,3
2,6	1,974	0,0306	2,306	0,45	0,313	0,292	0,03	2,642	2,016	2,6
3	2,306	0,0418	2,675	0,5	0,347	0,325	0,03	3,044	2,350	3
3,5	2,666	0,0558	3,110	0,6	0,417	0,390	0,04	3,554	2,720	3,5
4	3,028	0,072	3,545	0,7	0,486	0,455	0,04	4,062	3,090	4
(4,5)	3,458	0,094	4,013	0,75	0,521	0,487	0,05	4,568	3,526	(4,5)
5	3,888	0,119	4,480	0,8	0,556	0,520	0,05	5,072	3,960	5
(5,5)	4,250	0,142	4,915	0,9	0,625	0,585	0,06	5,580	4,330	(5,5)
6	4,610	0,167	5,350	1	0,695	0,650	0,06	6,090	4,700	6
(7)	5,610	0,247	6,350	1	0,695	0,650	0,06	7,090	5,700	(7)
8	6,264	0,308	7,188	1,25	0,868	0,812	0,08	8,112	6,376	8
(9)	7,264	0,414	8,188	1,25	0,868	0,812	0,08	9,112	7,376	(9)
10	7,916	0,492	9,026	1,5	1,042	0,974	0,09	10,136	8,052	10
(11)	8,916	0,624	0,026	1,5	1,042	0,974	0,09	11,136	9,052	(11)
12	9,570	0,718	10,863	1,75	1,215	1,137	0,11	12,156	9,726	12
14	11,222	0,989	12,701	2	1,389	1,299	0,13	14,180	11,402	14
16	13,222	1,373	14,701	2	1,389	1,299	0,13	16,180	13,402	16
18	14,528	1,657	16,376	2,5	1,736	1,624	0,16	18,224	14,752	18
20	16,528	2,145	18,376	2,5	1,736	1,624	0,16	20,224	16,752	20
22	18,528	2,696	20,376	2,5	1,736	1,624	0,16	22,224	18,752	22
24	19,832	3,089	22,051	3	2,084	1,949	0,19	24,270	20,102	24
27	22,832	4,094	25,051	3	2,084	1,949	0,19	27,270	23,102	27
30	23,138	4,983	27,727	3,5	2,431	2,273	0,22	30,316	25,454	30
33	28,138	6,2I8	30,727	3,3	2,431	2,273	0,22	33,316	28,454	33
36	30,444	7,279	33,402	4	2,778	2,598	0,25	36,360	30,804	36
39	33,444	8,785	36,402	4	2,778	2,598	0,25	39,360	33,804	39
42	35,750	10,04	39,077	4,5	3,125	2,923	0,28	42,404	36,154	42
45	38,750	11,79	42,077	4,5	3,125	2,923	0,28	45,404	39,154	45
48	41,054	13,23	44,752	5	3,473	3,248	0,32	48,450	41,504	48
52	45,054	15,94	48,752	5	3,473	3,248	0,32	52,450	45,504	52
36	48,360	18,37	52,428	5,5	3,820	3,572	0,35	56,496	48,856	56
60	52,360	21,53	56,428	5,5	3,820	3,572	0,35	60,496	52,856	60
64	56,666	24,34	60,103	6	4,167	3,897	0,38	64,54	56,206	64
68	59,666	27,96	64,103	6	4,167	3,897	0,38	68,54	60,206	68
72	63,666	31,83	68,103	6	4,167	3,897	0,38	72,54	64,206	72
76	67,666	35,96	72,103	6	4,167	3,897	0,38	76,54	68,206	76
80	71,666	40,34	76,103	6	4,167	3,897	0,38	80,54	72,206	80
84	75,666	44,96	80,103	6	4,167	3,897	0,38	84,54	76,206	84
89	80,666	51,10	85,103	6	4,167	3,897	0,38	89,54	81,206	89
94	85,666	57,64	90,103	6	4,167	3,897	0,38	94,54	86,206	94
99	90,666	64,56	95,103	6	4,167	3,897	0,38	99,54	91,206	99
104	95,666	71,88	100,103	6	4,167	3,897	0,38	104,54	96,206	104
109	100,666	79,59	105,103	6	4,167	3,897	0,38	109,54	101,206	109
114	105,666	87,69	110,103	6	4,167	3,897	0,38	114,54	106,206	114
119	110,666	96,18	115,103	6	4,167	3,897	0,38	119,54	111,206	119
124	115,666	105,07	120,103	6	4,167	3,897	0,38	124,54	116,206	124
129	120,666	114,35	125,103	6	4,167	3,897	0,38	129,54	121,206	129
134	125,666	124,04	130,103	6	4,167	3,897	0,38	134,54	126,206	134
139	130,666	134,09	135,103	6	4,167	3,897	0,38	139,54	131,206	139
144	135,666	144,10	140,103	6	4,167	3,897	0,38	144,54	136,206	144
139	140,666	155,40	145,103	6	4,167	3,897	0,38	149,54	141,206	149

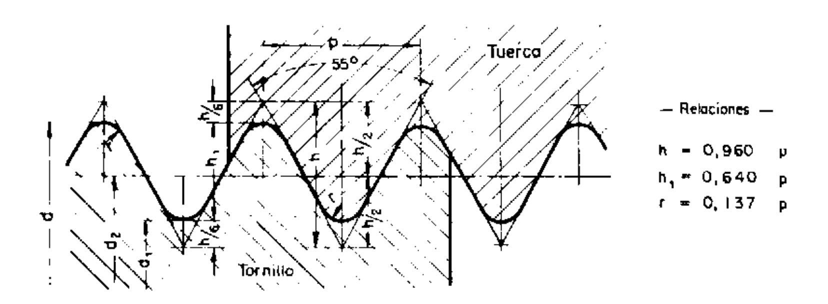
ROSCA WHITWORTH



Diámetro nominal	TORNILLO Y TUERCA								Diámetro nominal
	Diámetro exterior	Diámetro en el núcleo	Sección en el núcleo	Profundidad de la rosca	Radio	Diámetro medio de la rosca	Paso	Hilos por pulgada	
Pulgadas	d	d_1	cm²	h	r	d_2	p	n	Pulgadas
1/4	6,350	4,724	0,175	0,813	0,174	5,537	1,270	20	1/4
5/16	7,938	6,131	0,295	0,904	0,194	7,034	1,411	18	5/16
3/8	9,525	7,492	0,441	1,017	0,218	8,509	1,588	16	3/8
(7/16)	11,113	8,789	0,607	1,162	0,249	9,951	1,814	14	(7/16)
1/2	12,700	9,990	0,784	1,355	0,291	11,345	2,117	12	1/2
5/8	15,876	12,918	1,311	1,479	0,317	14,397	2,309	11	5/8
3/4	19,051	15,798	1,960	1,627	0,349	17,424	2,540	10	3/4
7/8	22,226	18,611	2,720	1,807	0,388	20,419	2,822	9	7/8
1	25,401	21,335	3,575	2,033	0,436	23,368	3,175	8	1
1 1/8	28,576	23,929	4,497	2,324	0,498	26,253	3,629	7	1 1/8
1 1/4	31,751	27,104	5,770	2,324	0,498	29,428	3,629	7	1 1/4
1 3/8	34,926	29,505	6,837	2,711	0,581	32,215	4,233	6	1 3/8
1 1/2	38,101	32,680	8,388	2,711	0,581	35,391	4,233	6	1 1/2
1 5/8	41,277	34,771	9,495	3,253	0,698	38,024	5,080	5	1 5/8
1 3/4	44,452	37,946	11,310	3,253	0,698	41,199	5,080	5	1 3/4
(1 7/8)	47,627	40,398	12,818	3,614	0,775	44,012	5,645	4 1/2	(1 7/8)
2	50,802	43,573	14,912	3,614	0,775	47,187	5,645	4 1/2	2
2 1/4	57,152	49,020	18,873	4,066	0,872	53,086	6,350	4	2 1/4
2 1/2	63,502	55,370	24,079	4,066	0,872	69,436	6,350	4	2 1/2
2 3/4	69,853	60,558	28,804	4,647	0,997	65,205	7,257	3 1/2	2 3/4
3	76,203	66,909	35,161	4,647	0,997	71,556	7,257	3 1/2	3
3 1/4	82,553	72,544	41,333	5,005	1,073	77,648	7,816	3 1/4	3 1/4
3 1/2	88,903	78,894	48,885	5,005	1,073	83,899	7,816	3 1/4	3 1/2
3 3/4	95,254	84,410	55,959	5,422	1,163	89,832	8,467	3	3 3/4
4	101,604	90,760	64,697	5,422	1,163	96,182	8,467	3	4
4 1/4	107,954	96,639	73,349	5,657	1,213	102,297	8,835	2 7/8	4 1/4
4 1/2	114,304	102,990	83,307	5,657	1,213	108,647	8,835	2 7/8	4 1/2
4 3/4	120,655	108,825	93,014	5,915	1,268	114,740	9,237	2 3/4	4 3/4
5	127,005	115,176	104,185	5,915	1,268	121,090	9,237	2 3/4	5
5 1/4	133,355	120,963	114,922	6,196	1,329	127,159	9,677	2 5/8	5 1/4
5 1/2	139,705	127,313	127,304	6,195	1,329	133,509	9,677	2 5/8	5 1/2
5 3/4	146,055	133,043	139,022	6,506	1,395	139,549	10,160	2 1/2	5 3/4
6	152,406	139,394	152,608	6,506	1,395	145,900	10,160	2 1/2	6

Observaciones.— Los tamaños entre paréntesis deben ser evitados
Concuerda con la norma DIN 11

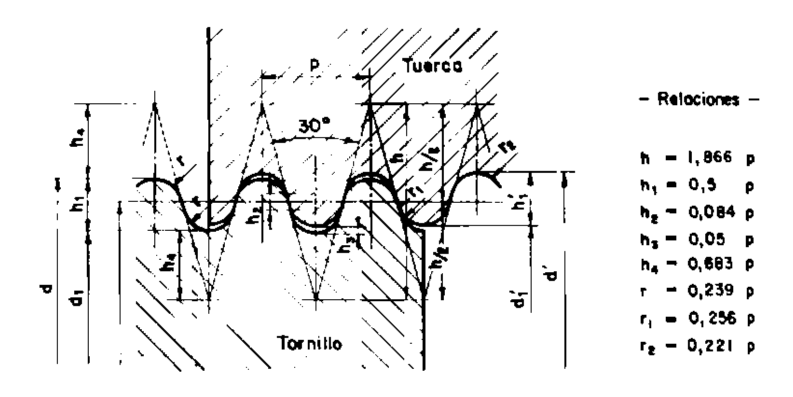
ROSCA GAS WHITWORTH



*) Denominación de la rosca Pulgadas	TORNILLO Y TUERCA						
	Diámetro de la rosca d	Diámetro en el núcleo d_1	Profundidad de la rosca h_1	Radio r	Diámetro medio de la rosca d_2	Paso p	Hilos en 1 pulgada h
R 1/8"	9,729	8,567	0,581	0,125	9,148	0,907	28
R 1/4"	13,158	11,446	0,856	0,184	12,302	1,337	19
R 3/8"	16,663	14,951	0,656	0,184	15,807	1,337	19
R 1/2"	20,956	18,632	1,162	0,249	19,794	1,814	14
R 5/8"	22,912	20,588	1,162	0,249	21,750	1,814	14
R 3/4"	26,442	24,119	1,162	0,249	25,281	1,814	14
R 7/8"	30,202	27,878	1,162	0,249	29,040	1,814	14
R 1"	33,250	30,293	1,479	0,317	31,771	2,309	11
(R 1 1/8")	37,898	34,941	1,479	0,317	36,420	2,309	11
R 1 1/4"	41,912	38,954	1,479	0,317	40,443	2,309	11
(R 1 3/8")	44,323	41,367	1,479	0,317	42,846	2,309	11
R 1 1/2"	47,805	44,847	1,479	0,317	46,326	2,309	11
R 1 3/4"	53,748	50,791	1,479	0,317	52,270	2,309	11
R 2"	59,616	56,659	1,479	0,317	58,137	2,309	11
R 2 1/4"	65,712	62,755	1,479	0,317	64,234	2,309	11
R 2 1/2"	73,187	72,230	1,479	0,317	73,708	2,309	11
R 2 3/4"	81,537	78,580	1,479	0,317	80,058	2,309	11
R 3"	87,887	84,930	1,479	0,317	86,409	2,309	11
R 3 1/4"	93,984	91,026	1,479	0,317	92,505	2,309	11
R 3 1/2"	100,334	97,376	1,479	0,317	98,855	2,309	11
R 3 3/4"	106,684	103,727	1,479	0,317	105,205	2,309	11
R 4"	113,034	110,077	1,479	0,317	111,556	2,309	11
R 4 1/2"	125,735	122,777	1,479	0,317	124,256	2,309	11
R 5"	138,435	135,478	1,627	0,317	136,957	2,309	11
R 5 1/2"	151,136	148,178	1,627	0,317	149,657	2,309	11
R 6"	163,836	160,879	1,627	0,317	162,357	2,309	11
R 7"	189,237	185,984	1,627	0,349	187,611	2,540	10
R 8"	214,638	211,385	2,033	0,349	213,012	2,540	10
R 9"	240,039	236,786	2,033	0,349	238,412	2,540	10
R 10"	265,440	262,187	2,033	0,349	263,813	2,540	10
R 11"	290,841	286,775	2,033	0,436	288,808	3,175	8
R 12"	316,242	312,176	2,033	0,436	314,209	3,175	8
R 13"	347,485	343,419	2,033	0,436	345,452	3,175	8
R 14"	372,886	368,820	2,033	0,436	370,853	3,175	8
R 15"	398,287	394,221	2,033	0,436	396,254	3,175	8
R 16"	423,688	419,622	2,033	0,436	421,655	3,175	8
R 17"	449,089	445,023	2,033	0,436	447,056	3,175	8
R 18"	474,490	470,424	2,033	0,436	472,457	3,175	8
*) R 1" 5/8"	51,990	49,032	1,479	0,317	50,511	2,309	11
R 2" 3/8"	69,400	66,443	1,479	0,317	67,921	2,309	11

Observaciones.– Los tamaños entre paréntesis deben ser evitados
Concuerda con la norma DIN 259

ROSCA REDONDA

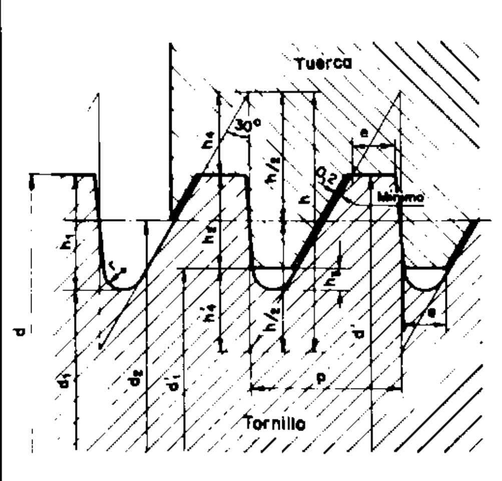


Diámetro de la rosca d	Hilos por 1" n	Paso p	Profundidad de rosca h_1	Rosca portante h_2	RADIOS Tornillo r	RADIOS Tuerca r	RADIOS Tuerca r
8 a 12	10	2,540	1,270	0,212	0,606	0,650	0,561
14 a 38	8	3,175	1,588	0,265	0,757	0,813	0,702
40 a 100	6	4,233	2,117	0,353	1,010	1,084	0,936
105 a 200	4	6,350	3,175	0,530	1,515	1,625	1,404

TORNILLO Diámetro de la rosca d	TORNILLO Diámetro en el núcleo d_1	TORNILLO Sección en el núcleo cm²	Diámetro medio de la rosca d_2	TUERCA Diámetro de la rosca d'	TUERCA Diámetro en el núcleo d'_1
8	5,460	0,234	6,730	8,254	5,714
9	6,460	0,328	7,730	9,254	6,714
10	7,460	0,437	8,730	10,254	7,714
11	8,460	0,562	9,730	11,254	8,714
12	9,460	0,703	10,730	12,254	9,714
14	10,825	0,920	12,412	14,318	11,142
16	12,825	1,292	14,412	16,318	13,142
18	14,825	1,726	16,412	18,318	15,142
20	16,825	2,223	18,412	20,318	17,142
22	18,825	2,783	20,412	22,318	19,142
24	20,825	3,406	22,412	24,318	21,142
26	22,825	4,092	24,412	26,318	23,142
28	24,825	4,840	26,412	28,318	25,142
30	26,825	5,652	28,412	30,318	27,142
32	28,825	6,526	30,412	32,318	29,142
(34)	30,825	7,463	32,412	34,318	31,142
36	32,825	8,463	34,412	36,318	33,142
(38)	34,825	9,525	36,412	38,318	35,142
40	35,767	10,05	37,883	40,423	36,190
(42)	37,767	11,20	39,883	42,423	38,190
44	39,767	12,42	41,883	44,423	40,190
(46)	41,767	13,70	43,883	46,423	42,190
48	43,767	15,05	45,883	48,423	44,190
(50)	45,767	16,45	47,883	50,423	46,190
52	47,767	17,92	49,883	52,423	48,190
55	50,767	20,24	52,883	55,423	51,190
(58)	53,767	22,71	55,883	58,423	54,190
60	55,767	24,43	57,883	60,423	56,190
(62)	57,767	26,21	59,883	62,423	58,190
65	60,767	29,00	62,883	65,423	61,190
(68)	63,767	31,94	65,883	68,423	64,190
70	65,767	33,97	67,883	70,423	66,190
(72)	67,767	36,07	69,883	72,423	68,190
(75)	70,767	39,33	72,883	75,423	71,190
(78)	73,767	42,74	75,883	78,423	74,190
80	75,767	45,09	77,883	80,423	76,190
(82)	77,767	47,50	79,883	82,423	78,190
85	80,767	51,23	82,883	85,423	81,190
(88)	83,767	55,11	85,883	88,423	84,190
90	85,767	57,77	87,883	90,423	86,190
(92)	87,767	60,50	89,883	92,423	88,190
95	90,767	64,71	92,883	95,423	91,190
(98)	93,767	69,05	95,883	98,423	94,190
100	95,767	72,03	97,883	100,423	96,190
(105)	98,650	76,45	101,825	105,635	99,286
110	103,650	84,38	106,825	110,635	104,286
(115)	108,650	92,72	111,825	115,635	109,286
120	113,650	101,46	116,825	120,635	114,286
(125)	118,650	110,57	121,825	125,635	119,286
130	123,650	120,09	126,825	130,635	124,286
(135)	128,650	129,99	131,825	135,635	129,286
140	133,650	140,29	136,825	140,635	134,286
(145)	138,650	150,96	141,825	145,635	139,286
150	143,650	162,07	146,825	150,635	144,286
(155)	148,650	173,56	151,825	155,635	149,286
160	153,650	185,42	156,825	160,635	154,286
(165)	158,650	197,69	161,825	165,635	159,286
170	163,650	210,34	166,825	170,635	164,286
(175)	168,650	223,39	171,825	175,635	169,286
180	173,650	236,83	176,825	180,635	174,286
(185)	178,650	250,67	181,825	185,635	179,286
190	183,650	264,99	186,825	190,635	184,286
(195)	188,650	279,51	191,825	195,635	189,286
200	193,650	294,53	196,825	200,635	194,286

Observaciones. Los tamaños entre paréntesis deben ser evitados. Concuerda con la norma DIN 405

ROSCA EN DIENTE DE SIERRA



mm.

Paso p	Profundidad de rosca h_1	Rosca portante h_2	Ancho mínimo del filete e	Juego mínimo del fondo h_3	Radio del fondo r
5	4,339	3,75	1,319	0,589	0,621
6	5,207	4,5	1,583	0,707	0,746
7	6,074	5,25	1,847	0,824	0,870
8	6,942	6	2,111	0,942	0,994
9	7,810	6,75	2,375	1,060	1,118
10	8,678	7,5	2,638	1,178	1,243
12	10,413	9	3,166	1,413	1,491
14	12,149	10,5	3,694	1,649	1,740
16	13,884	12	4,221	1,884	1,988
18	15,620	13,5	4,749	2,120	2,237
20	17,356	15	5,277	2,355	2,486
22	19,091	16,5	5,804	2,591	2,734
24	20,826	18	6,332	2,826	2,982
26	22,562	19,5	6,860	3,062	3,231

— Relaciones —

$h = 1,732\ p$

$h_1 = h_2 + h_3$

$h_2 = 0,75\ p$

$h_3 = 0,11\ p$

$h_4 = 0,525\ p$

$h'_4 = 0,45\ p$

$e = 0,26\ p$

$r = 0,124\ p$

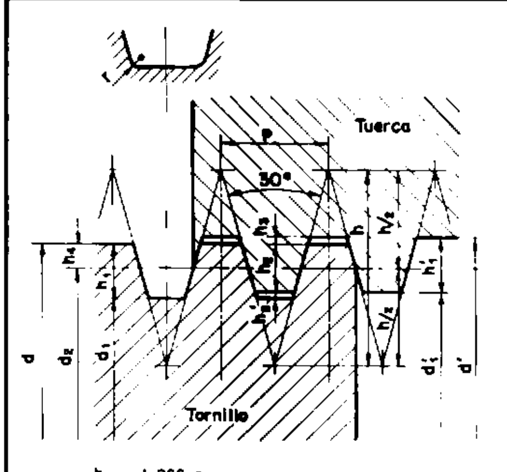
Nota.– Las roscas de más de una entrada, tendrán el mismo perfil, con el paso correspondiente

Tornillo			Diámetro en los flancos	Paso	Tuerca	
Diámetro de la rosca d	Diámetro en el núcleo d_1	Sección en el núcleo cm^2	d_2	p	Diámetro de la rosca d'	Diámetro en el núcleo d'_1
22	13,322	1,39	18,590	5	22	14,5
24	15,322	1,84	20,590	5	24	16,5
26	17,322	2,36	22,590	5	26	18,5
28	19,322	2,93	24,590	5	28	20,5
30	19,586	3,01	25,909	6	30	21
32	21,586	3,70	27,909	6	32	23
(34)	23,586	4,37	29,909	6	34	25
36	25,586	5,14	31,909	6	36	27
(38)	25,852	5,25	33,227	7	38	27,5
40	27,852	6,09	35,227	7	40	29,5
(42)	29,852	7,00	37,227	7	42	31,5
44	31,852	7,97	39,227	7	44	33,5
(46)	32,116	8,11	40,545	8	46	34
48	34,116	9,14	42,545	8	48	36
50	36,116	10,24	44,545	8	50	38
52	38,116	11,41	46,545	8	52	40
55	39,380	12,18	48,863	9	55	41,5
(58)	42,380	14,11	51,863	9	58	44,5
60	44,380	15,47	53,863	9	60	46,5
(62)	46,380	16,89	55,863	9	62	48,5
65	47,644	17,09	58,161	10	65	50
(68)	50,644	20,14	61,181	10	68	53
70	52,644	21,77	63,181	10	70	55
(72)	54,644	23,45	65,181	10	72	57
75	57,644	26,10	68,181	10	75	60
(78)	60,644	28,88	71,181	10	78	63
80	62,644	30,82	73,181	10	80	65
(82)	64,644	32,82	75,181	10	82	67
85	64,174	32,35	76,817	12	85	67
(88)	67,174	35,44	79,817	12	88	70
90	69,174	37,58	81,817	12	90	72
(92)	71,174	39,79	83,817	12	92	74
95	74,174	43,21	86,817	12	95	77

Tornillo			Diámetro en los flancos	Paso	Tuerca	
Diámetro de la rosca d	Diámetro en el núcleo d_1	Sección en el núcleo cm^2	d_2	p	Diámetro de la rosca d'	Diámetro en el núcleo d'_1
(98)	77,174	46,78	89,817	12	98	80
100	79,174	49,23	91,817	12	100	82
(105)	84,174	55,65	96,817	12	105	87
110	89,174	62,46	101,817	12	110	92
(115)	90,702	64,61	105,453	14	115	94
120	95,702	71,93	110,453	14	120	99
(125)	100,702	79,65	115,453	14	125	104
130	105,702	87,75	120,453	14	130	109
(135)	110,702	96,25	125,453	14	135	114
140	115,702	105,14	130,453	14	140	119
(145)	120,702	114,42	135,453	14	145	124
150	122,232	117,34	139,089	16	150	126
(155)	127,232	127,14	144,089	16	155	131
160	132,232	137,33	149,089	16	160	136
(165)	137,232	147,91	154,089	16	165	141
170	142,232	158,89	159,089	16	170	146
(175)	147,232	170,25	164,089	16	175	151
180	148,760	173,81	167,726	18	180	153
(185)	153,760	185,69	172,726	18	185	158
190	158,760	197,96	177,726	18	190	163
(195)	163,760	210,62	182,726	18	195	168
200	168,760	223,68	187,726	18	200	173
210	175,290	241,33	196,362	20	210	180
220	185,290	269,65	206,362	20	220	190
230	195,290	299,54	216,362	20	230	200
240	201,818	319,90	224,998	22	240	207
250	211,818	352,38	234,998	22	250	217
260	221,818	386,44	244,998	22	260	227
270	228,348	409,53	253,634	24	270	234
280	238,348	446,16	263,634	24	280	244
290	248,348	484,41	273,634	24	290	254
300	254,876	510,21	282,270	26	300	261

Observaciones.– Los valores entre paréntesis deben ser evitados

Concuerdo con la norma DIN 513



$h = 1{,}866\ p$

$h_1 = 0{,}5\ p + h_3\ ;\ h_1' = 0{,}5\ p + 2\ h_3 - h_3'$

$h_2 = 0{,}5\ p + h - h'$

$h_4 = 0{,}25\ p$

mm.

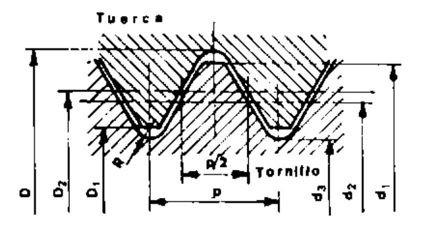
Para paso p	Profundidad de rosca h_1	Rosca portante h_2	Juego h_3	Juego h_3'	Radio del fondo r	Profundidad de rosca h_1'
3	1,75	1,25	0,25	0,5	0,25	1,50
4	2,25	1,75	0,25	0,5	0,25	2,00
5	2,75	2	0,25	0,75	0,25	2,25
6	3,25	2,5	0,25	0,75	0,25	2,75
7	3,75	3	0,25	0,75	0,25	3,25
8	4,25	3,5	0,25	0,75	0,25	3,75
9	4,75	4	0,25	0,75	0,25	4,25
10	5,25	4,5	0,25	0,75	0,25	4,75
12	6,25	5,5	0,25	0,75	0,25	5,75
14	7,5	6	0,5	1,5	0,5	6,5
16	8,5	7	0,5	1,5	0,5	7,5
18	9,5	8	0,5	1,5	0,5	8,5
20	10,5	9	0,5	1,5	0,5	9,5
22	11,5	10	0,5	1,5	0,5	10,5
24	12,5	11	0,5	1,5	0,5	11,5
26	13,5	12	0,5	1,5	0,5	12,5

TORNILLO Diámetro de la rosca d	TORNILLO Diámetro del núcleo d_1	TORNILLO Sección en el núcleo cm^2	Diámetro medio de la rosca d_2	Paso h	TUERCA Diámetro de la rosca d'	TUERCA Diametro en el núcleo d_1'	TORNILLO Diámetro de la rosca d	TORNILLO Diámetro del núcleo d_1	TORNILLO Sección en el núcleo cm^2	Diámetro medio de la rosca d_2	Paso h	TUERCA Diámetro de la rosca d'	TUERCA Diámetro en el núcleo d_1'
10	6,5	0,33	8,5	3	10,5	7,5	90	77,5	47,17	84	12	90,5	79
12	8,5	0,57	10,5	3	12,5	9,5	(92)	79,5	49,64	86	12	92,5	81
14	9,5	0,71	12	4	14,5	10,5	95	82,5	53,46	89	12	95,5	84
16	11,5	1,04	14	4	16,5	12,5	(98)	85,5	57,41	92	12	98,5	87
18	13,5	1,43	16	4	18,5	14,5	100	87,5	60,13	94	12	100,5	89
20	15,5	1,89	18	4	20,5	16,5	(105)	92,5	67,20	99	12	105,5	94
22	16,5	2,14	19,5	5	22,5	18	110	97,5	74,66	104	12	110,5	99
24	18,5	2,69	21,5	5	24,5	20	(115)	100	78,54	108	14	116	103
26	20,5	3,30	23,5	5	26,5	22	120	105	86,59	113	14	121	108
28	22,5	3,98	25,5	5	28,5	24	(125)	110	95,03	118	14	126	113
30	23,5	4,34	27	6	30,5	25	130	115	103,87	123	14	131	118
32	25,5	5,11	29	6	32,5	27	(135)	120	113,1	128	14	136	123
(34)	27,5	5,94	31	6	34,5	29	140	125	122,72	133	14	141	128
36	29,5	6,83	33	6	36,5	31	(145)	130	132,73	138	14	146	133
(38)	30,5	7,31	34,5	7	38,5	32	150	133	138,93	142	16	151	136
40	32,5	8,30	36,5	7	40,5	34	(155)	138	149,57	147	16	156	141
(42)	34,5	9,35	38,5	7	42,5	36	160	143	160,61	152	16	161	146
44	36,5	10,46	40,5	7	44,5	38	(165)	148	172,03	157	16	166	151
(46)	37,5	11,04	42	8	46,5	39	170	153	183,85	162	16	171	156
48	39,5	12,25	44	8	48,5	41	(175)	158	196,07	167	16	176	161
50	41,5	13,53	46	8	50,5	43	180	161	203,58	171	18	181	164
52	43,5	14,86	48	8	52,5	45	(185)	166	216,42	176	18	186	169
55	45,5	16,26	50,5	9	55,5	47	190	171	229,66	181	18	191	174
(58)	48,5	18,47	53,5	9	58,5	50	(195)	176	243,29	186	18	196	179
60	50,5	20,03	55,5	9	60,5	52	200	181	257,30	191	18	201	184
(62)	52,5	21,65	57,5	9	62,5	54	210	189	280,55	200	20	211	192
65	54,5	23,33	60	10	65,5	56	220	199	311,03	210	20	221	202
(68)	57,5	25,97	63	10	68,5	59	230	209	343,07	220	20	231	212
70	59,5	27,81	65	10	70,5	61	240	217	369,84	229	22	241	220
(72)	61,5	29,71	67	10	72,5	63	250	227	404,71	239	22	251	230
75	64,5	32,67	70	10	75,5	66	260	237	441,13	249	22	261	240
(78)	67,5	35,78	73	10	78,5	69	270	245	471,44	258	24	271	248
80	69,5	37,94	75	10	80,5	71	280	255	510,71	268	24	281	258
(82)	71,5	40,15	77	10	82,5	73	290	265	551,55	278	24	291	268
85	72,5	41,28	79	10	85,5	74	300	273	585,35	287	26	301	276
(88)	75,5	44,77	82	12	88,5	77	—	—	—	—	—	—	—

Observaciones. — Los valores entre paréntesis deben ser evitados. Concuerda con la norma DIN 103

ROSCA MÉTRICA ISO PARA USOS GENERALES

Dimensiones en mm



(Concuerda con UNE 17.708-78)

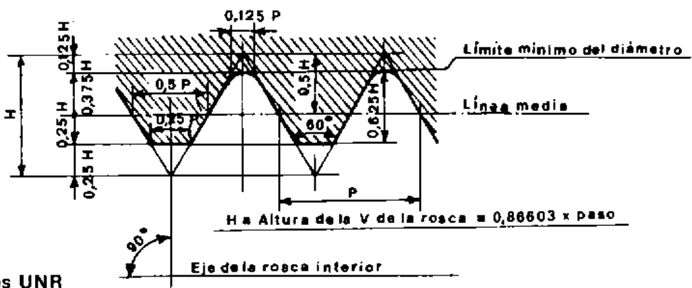
Diámetro nominal	Paso	Tuerca						Tornillo						Longitud de acoplamiento	
		D		D_2		D_1		d		d_2		d_3	d		
d = D	p	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	máx.	mín.	Desde	Hasta
PASO GRUESO															
1	0,25	No se especifica	1,00	0,894	0,838	0,785	0,729	1,000	0,933	0,838	0,785	0,604	0,025	0,6	1,7
1,1	0,25		1,10	0,994	0,938	0,885	0,829	1,100	1,033	0,938	0,885	0,704	0,025	0,6	1,7
1,2	0,25		1,20	1,094	1,038	0,985	0,929	1,200	1,133	1,038	0,985	0,804	0,025	0,6	1,7
1,4	0,3		1,40	1,265	1,205	1,142	1,075	1,400	1,325	1,205	1,149	0,930	0,030	0,7	2
1,6	0,35		1,60	1,458	1,373	1,321	1,221	1,581	1,496	1,354	1,291	1,064	0,035	0,8	2,6
1,8	0,35		1,80	1,658	1,573	1,521	1,421	1,781	1,696	1,554	1,491	1,264	0,035	0,8	2,6
2	0,4		2,00	1,830	1,740	1,679	1,567	1,981	1,886	1,721	1,654	1,394	0,040	1	3
2,2	0,45		2,20	2,003	1,908	1,838	1,713	2,180	2,080	1,888	1,817	1,525	0,045	1,3	3,8
2,5	0,45		2,50	2,303	2,208	2,138	2,013	2,480	2,380	2,188	2,117	1,825	0,045	1,3	3,8
3	0,5		3,00	2,775	2,675	2,599	2,459	2,980	2,874	2,655	2,580	2,256	0,050	1,5	4,5
3,5	0,6		3,50	3,222	3,110	3,010	2,850	3,479	3,354	3,089	3,004	2,615	0,060	1,7	5
4	0,7		4,00	3,663	3,545	3,422	3,242	3,978	3,838	3,523	3,433	2,975	0,070	2	6
4,5	0,75		4,50	4,131	4,013	3,878	3,588	4,478	4,338	3,991	3,901	3,414	0,075	2,2	6,7
5	0,8		5,00	4,605	4,480	4,334	4,134	4,976	4,826	4,456	4,361	3,842	0,080	2,5	7,5
6	1		6,00	5,500	5,350	5,153	4,917	5,974	5,794	5,324	5,212	4,563	0,100	3	9
7	1		7,00	6,500	6,350	6,153	5,917	6,974	6,794	6,324	6,212	5,563	0,100	3	9
8	1,25		8,00	7,348	7,188	6,912	6,647	7,972	7,760	7,160	7,042	6,239	0,125	4	12
10	1,5		10,00	9,206	9,026	8,676	8,376	9,968	9,732	8,994	8,862	7,888	0,150	5	15
12	1,75		12,00	11,063	10,863	10,441	10,106	11,966	11,701	10,829	10,679	9,543	0,175	6	18
14	2		14,00	12,913	12,701	12,210	11,835	13,962	13,682	12,663	12,503	11,204	0,200	8	24
16	2		16,00	14,913	14,701	14,210	13,835	15,962	15,682	14,663	14,503	13,204	0,200	8	24
18	2,5		18,00	16,600	16,376	15,744	15,294	17,958	17,623	16,334	16,164	14,541	0,250	10	30
20	2,5		20,00	18,600	18,376	17,744	17,294	19,958	19,623	18,334	18,164	16,541	0,250	10	30
22	2,5		22,00	20,600	20,376	19,744	19,294	21,958	21,623	20,334	20,164	18,541	0,250	10	30
24	3		24,00	22,316	22,051	21,252	20,752	23,952	23,577	22,003	21,803	19,855	0,300	12	36
27	3		27,00	25,316	25,051	24,252	23,752	26,952	26,577	25,003	24,803	22,855	0,300	12	36
30	3,5		30,00	28,007	27,727	26,771	26,211	29,947	29,522	27,674	27,462	25,189	0,350	15	45
33	3,5		33,00	31,007	30,727	29,771	29,211	32,947	32,522	30,674	30,462	28,189	0,350	15	45
36	4		36,00	33,702	33,402	32,270	31,670	35,940	35,465	33,342	33,118	30,521	0,400	18	53
39	4		39,00	36,702	36,402	35,270	34,670	38,940	38,465	36,342	36,118	33,521	0,400	18	53
PASO FINO															
8	1	No se especifica	8,00	7,500	7,350	7,153	6,917	7,974	7,794	7,324	7,212	6,563	0,100	3	9
10	1,25		10,00	9,348	9,188	8,912	8,647	9,972	9,760	9,160	9,042	8,230	0,125	4	12
12	1,25		12,00	11,368	11,188	10,912	10,647	11,972	11,760	11,160	11,028	10,216	0,125	4,5	13
14	1,5		14,00	13,216	13,026	12,676	12,376	13,968	13,732	12,994	12,854	11,880	0,150	5,6	16
16	1,5		16,00	15,216	15,026	14,676	14,376	15,968	15,732	14,994	14,854	13,880	0,150	5,6	16
18	1,5		18,00	17,216	17,026	16,676	16,376	17,968	17,732	16,994	16,854	15,880	0,150	5,6	16
20	1,5		20,00	19,216	19,026	18,676	18,376	19,968	19,732	18,994	18,854	17,880	0,150	5,6	16
22	1,5		22,00	21,216	21,026	20,676	20,376	21,968	21,732	20,994	20,854	19,880	0,150	5,6	16
24	2		24,00	22,925	22,701	22,210	21,835	23,963	23,682	22,663	22,493	21,194	0,200	8,5	25
27	2		27,00	25,925	25,701	25,210	24,835	26,962	26,682	25,663	25,493	24,194	0,200	8,5	25
30	2		30,00	28,925	28,701	28,210	27,835	27,962	29,682	28,663	28,493	27,194	0,200	8,5	25
33	2		33,00	31,925	31,701	31,210	30,835	32,962	32,682	31,663	31,493	30,194	0,200	8,5	25
36	3		36,00	34,316	34,051	33,252	32,752	35,952	35,577	34,003	33,903	31,855	0,300	12	36
39	3		39,00	37,316	37,051	36,252	35,752	38,952	38,577	37,003	36,803	34,855	0,300	12	36

ROSCA DE PERFIL UNIFICADO STANDARD AMERICANA FORMA DE LA ROSCA

Roscas exteriores UN

En las roscas UN se especifica el fondo plano, pero es opcional el redondear el contorno más allá de una anchura del plano del perfil básico de 0,25 · p.

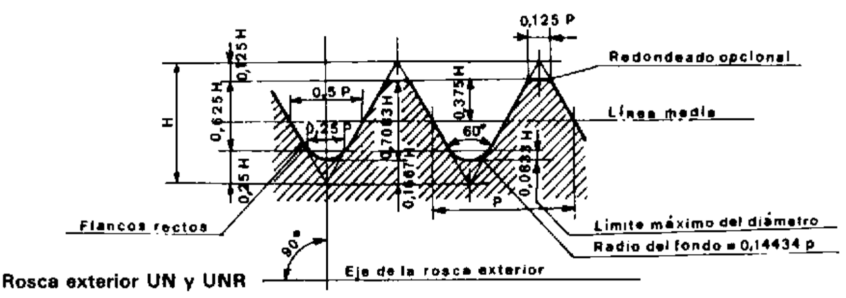
ROSCA INTERIOR UN (TUERCA)



Roscas exteriores UNR

Las roscas exteriores UNR tienen el fondo curvado continuo sin inversión de tangentes a los flancos del hilo de intersección del diámetro interior del perfil básico.

ROSCA EXTERIOR UNR (TORNILLO)



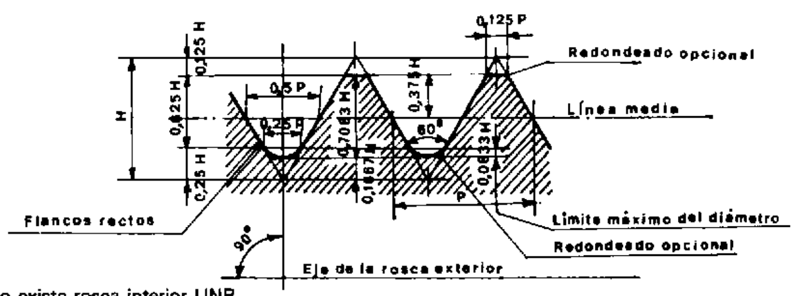
Rosca exterior UN y UNR

Los perfiles de diseño de las roscas exteriores UN y UNR tienen las crestas planas, aunque se considera como opcional la cresta redondeada tangente a un plano de 0,125 · p.

Rosca interior UN

En previsión de desgaste en las crestas de la herramienta de roscar, el fondo del perfil se ha redondeado y despejado más allá de un plano de 0,125 · p de anchura de perfil básico.

ROSCA EXTERIOR UN (TORNILLO)



No existe rosca interior UNR.

Roscas	ROSCA DE PERFIL UNIFICADO STANDARD AMERICANA SERIE DE PASO BASTO O GRUESO UNC									TABLA 8 . 13
Tamaños	*Diámetro exterior básico D*		*Hilos por pulgada*	*Diámetro medio básico E*	*Diámetro interior*		*Ángulo de avance en el diámetro medio básico*		*Área del diámetro interior en D - 2h*	*Área del esfuerzo tracción*
					Rosca exterior K_s	*Rosca interior K_n*				
	Pulgadas	*Milímetros*	*n*	*Pulgadas*	*Pulgadas*	*Pulgadas*	*Grad.*	*Min.*	*Pulg²*	*Pulg²*
1(,073)*	0,0730	1,8542	64	0,0629	0,0538	0,0561	4	31	0,00218	0,00263
2(,086)	0,0860	2,1844	56	0,0744	0,0641	0,0667	4	22	0,00310	0,00370
3(,099)	0,0990	2,5146	48	0,0855	0,0734	0,0764	4	26	0,00406	0,00487
4(,112)	0,1120	2,8448	40	0,0958	0,0813	0,0849	4	45	0,00496	0,00604
5(,125)	0,1250	3,1750	40	0,1088	0,0943	0,0979	4	11	0,00672	0,00796
6(,138)	0,1380	3,5052	32	0,1177	0,0997	0,1042	4	50	0,00745	0,00909
8(,164)	0,1640	4,1656	32	0,1437	0,1257	0,1302	4	58	0,01196	0,0140
10(,190)	0,1900	4,826	24	0,1629	0,1389	0,1449	4	39	0,01450	0,0175
12(,216)*	0,2160	5,4864	24	0,1889	0,1649	0,1709	4	1	0,0206	0,0242
1/4	0,2500	6,3500	20	0,2175	0,1887	0,1959	4	11	0,0269	0,0318
5/16	0,3125	8,2550	18	0,2764	0,2443	0,2524	3	40	0,0454	0,0524
3/8	0,3750	9,525	16	0,3344	0,2983	0,3073	3	24	0,0678	0,0775
7/16	0,4375	11,1125	14	0,3911	0,3499	0,3602	3	20	0,0933	0,1063
1/2	0,5000	12,70	13	0,4500	0,4056	0,4167	3	7	0,1257	0,1419
9/16	0,5625	14,2875	12	0,5084	0,4603	0,4723	2	59	0,162	0,182
5/8	0,6250	15,875	11	0,5660	0,5135	0,5266	2	56	0,202	0,226
3/4	0,7500	19,05	10	0,6850	0,6273	0,6417	2	40	0,302	0,334
7/8	0,8750	22,225	9	0,8028	0,7387	0,7547	2	31	0,419	0,462
1	1,000	25,40	8	0,9188	0,8466	0,8647	2	29	0,551	0,606
1 1/8	1,1250	28,575	7	1,0322	0,9497	0,9704	2	31	0,693	0,763
1 1/4	1,2500	31,75	7	1,1572	1,0747	1,0954	2	15	0,890	0,969
1 3/8	1,3750	34,925	6	1,2667	1,1705	1,1946	2	24	1,054	1,155
1 1/2	1,5000	38,10	6	1,3917	1,2955	1,3196	2	11	1,294	1,405
1 3/4	1,7500	44,45	5	1,6201	1,5046	1,5335	2	15	1,74	1,90
2	2,000	50,80	4 1/2	1,8557	1,7274	1,7594	2	11	2,30	2,50
2 1/4	2,2500	57,15	4 1/2	2,1057	1,9774	2,0094	1	55	3,02	3,25
2 1/2	2,5000	63,50	4	2,3376	2,1933	2,2294	1	57	3,72	4,00
2 3/4	2,7500	69,85	4	2,5876	2,4433	2,4794	1	46	4,62	4,93
3	3,0000	76,20	4	2,8376	2,6933	2,7294	1	36	5,62	5,97
3 1/4	3,2500	82,55	4	3,0876	2,9433	2,9794	1	29	6,72	7,10
3 1/2	3,5000	88,90	4	3,3376	3,1933	3,2294	1	22	7,92	8,33
3 3/4	3,7500	95,25	4	3,5876	3,4133	3,4794	1	16	9,21	9,66
4	4,0000	101,60	4	3,8376	3,6933	3,7294	1	11	10,61	11,08

* Tamaños secundarios

Roscas	ROSCA DE PERFIL UNIFICADO STANDARD AMERICANA SERIES DE PASO FINO UNF Y EXTRAFINO UNEF	TABLA 9 . 13

Tamaños	Diámetro exterior básico		Hilos por pulgada	Diámetro medio básico E	Diámetro interior		Ángulo de avance en el diámetro medio básico		Área del diámetro interior en D - 2h	Área del esfuerzo tracción
					Rosca exterior K_s	Rosca interior K_n				
	Pulgadas	Milímetros	n	Pulgadas	Pulgadas	Pulgadas	Grad.	Min.	$Pulg^2$	$Pulg^2$
SERIE DE PASO FINO UNF										
0(,060)	0,0600	1,5240	80	0,0519	0,0447	0,0465	4	23	0,00151	0,00180
1(,073)*	0,0730	1,8542	72	0,0640	0,0560	0,0580	3	57	0,00237	0,00278
2(,086)	0,0860	2,1844	64	0,0759	0,0668	0,0691	3	45	0,00339	0,00394
3(,099)*	0,0990	2,5146	56	0,0874	0,0771	0,0797	3	43	0,00451	0,00523
4(,112)	0,1120	2,8448	48	0,0985	0,0864	0,0894	3	51	0,00566	0,00661
5(,125)	0,1250	3,1750	40	0,1102	0,0971	0,1004	3	45	0,00716	0,00830
6(,138)	0,1380	3,5052	40	0,1218	0,1073	0,1109	3	44	0,00874	0,01015
8(,164)	0,1640	4,1656	36	0,1460	0,1299	0,1339	3	28	0,01285	0,01474
10(,190)	0,1900	4,8260	32	0,1697	0,1517	0,1562	3	21	0,0175	0,0200
12(,216)*	0,2160	5,4864	28	0,1928	0,1722	0,1773	3	22	0,0226	0,0258
1/4	0,2500	6,3500	28	0,2268	0,2060	0,2113	2	52	0,0326	0,0364
5/16	0,3125	7,9375	24	0,2854	0,2614	0,2674	2	40	0,0524	0,0580
3/8	0,3750	9,5250	24	0,3479	0,3239	0,3299	2	11	0,0809	0,0878
7/16	0,4375	11,1125	20	0,4050	0,3762	0,3834	2	15	0,1090	0,1187
1/2	0,5000	12,7000	20	0,4675	0,4387	0,4459	1	57	0,1486	0,1599
9/16	0,5625	14,2875	18	0,5264	0,4943	0,5024	1	55	0,189	0,203
5/8	0,6250	15,875	18	0,5889	0,5568	0,5649	1	43	0,240	0,256
3/4	0,7500	19,050	16	0,7094	0,6733	0,6823	1	36	0,351	0,373
7/8	0,8750	22,225	14	0,8286	0,7874	0,7977	1	34	0,480	0,509
1	1,0000	25,400	12	0,9459	0,8978	0,9098	1	36	0,625	0,663
1 1/8	1,1250	28,575	12	1,0709	1,0228	1,0348	1	25	0,812	0,856
1 3/4	1,2500	31,750	12	1,1959	1,1478	1,1598	1	16	1,024	1,073
1 3/8	1,3750	34,925	12	1,3209	1,2728	1,2848	1	9	1,260	1,315
1 1/2	1,5000	38,100	12	1,4459	1,3978	1,4098	1	3	1,521	1,581
SERIE DE PASO EXTRAFINO UNEF										
12(,216)*	0,2160	5,4864	32	0,1957	0,1777	0,1822	2	55	0,0242	0,0270
1/4	0,2500	6,3500	32	0,2297	0,2117	0,2162	2	29	0,0344	0,0379
5/16	0,3125	7,9375	32	0,2922	0,2742	0,2787	1	57	0,0581	0,0625
3/8	0,3750	9,5250	32	0,3547	0,3367	0,3412	1	36	0,0878	0,0932
7/16	0,4375	11,1125	28	0,4143	0,3937	0,3988	1	34	0,1201	0,1274
1/2	0,5000	12,7000	28	0,4768	0,4562	0,4613	1	22	0,162	0,170
9/16	0,5625	14,2875	24	0,5354	0,5114	0,5174	1	25	0,203	0,214
5/8	0,6250	15,8750	24	0,5979	0,5739	0,5799	1	16	0,256	0,268
11/16*	0,6875	17,4625	24	0,6604	0,6364	0,6424	1	9	0,315	0,329
3/4	0,7500	19,0500	20	0,7175	0,6887	0,6959	1	16	0,369	0,386
13/16	0,8125	20,6375	20	0,7800	0,7512	0,7584	1	10	0,439	0,458
7/8	0,8750	22,2250	20	0,8425	0,8137	0,8209	1	5	0,515	0,536
15/16*	0,9375	23,8125	20	0,9050	0,8762	0,8834	1	0	0,598	0,620
1	1,0000	25,4000	20	0,9675	0,9387	0,9459	0	57	0,687	0,711
1 1/6 *	1,0625	26,9875	18	1,0264	0,9943	1,0024	0	59	0,770	0,799
1 1/8	1,1250	28,575	18	1,0889	1,0568	1,0649	0	56	0,871	0,901
1 3/16 *	1,1875	30,1625	18	1,1514	1,1193	1,1274	0	53	0,977	1,009
1 1/4	1,2500	31,7500	18	1,2139	1,1818	1,1899	0	50	1,090	1,123
1 5/16 *	1,3125	33,3375	18	1,2764	1,2443	1,2524	0	48	1,208	1,244
1 3/8	1,3750	34,9250	18	1,3389	1,3068	1,3149	0	45	1,333	1,370
1 7/16 *	1,4375	36,5125	18	1,4014	1,3693	1,3774	0	43	1,464	1,503
1 1/2	1,5000	38,1000	18	1,4639	1,4318	1,4399	0	42	1,60	1,64
1 9/16 *	1,5625	39,6875	18	1,5264	1,4943	1,5024	0	40	1,74	1,79
1 5/8	1,6250	41,2750	18	1,5889	1,5568	1,5649	0	38	1,89	1,94
1 11/16*	1,6875	42,8625	18	1,6514	1,6193	1,6274	0	37	2,05	2,10

* Tamaños secundarios.

COMPROBACIÓN DEL DIÁMETRO DE LAS ROSCAS

Especificación

El paso p de una rosca es la distancia desde el centro de un filete hasta el centro del filete contiguo; el avance de una rosca es igual a la distancia que la tuerca se movería si gira una vuelta completa alrededor del tornillo, y así, en un tornillo de una entrada de rosca el avance es igual al paso; en tornillo de dos entradas el avance es igual a dos pasos; en el de tres entradas igual a tres pasos, y así sucesivamente.

En los tornillos de rosca métrica el paso se expresa en milímetros, y en los de rosca expresada en pulgadas el paso se relaciona con el número de hilos o filetes por pulgada.

Medición del diámetro primitivo de una rosca

a) Por medio de tornillo micrométrico para roscas. — La medición del diámetro primitivo de una rosca puede hacerse por medio de un micrómetro especial para roscas, cuyas puntas, especiales, permiten realizar la medición, adaptándolas a los filetes; para poder medir la totalidad de los pasos de un sistema de rosca se requiere cierta cantidad de micrómetros. El diámetro primitivo se determinará restando del exterior los valores de altura correspondientes, que figuran en las Tablas de roscas.

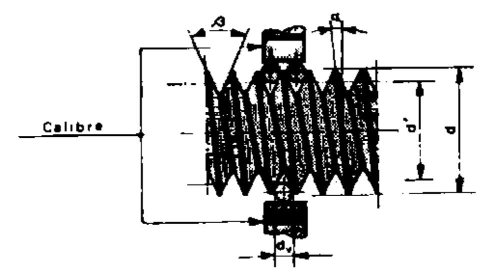
b) Por el método de las tres varillas o alambres. — Este método consiste en medir la distancia existente entre tres varillas o alambres situados sobre los filetes (como se indica en la figura), deduciéndose el diámetro de la rosca de acuerdo con el diámetro de los alambres.

La medida entre alambres, es:

$$M = d' - e \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2} + d_v \cdot \left(1 + \operatorname{cosec} \frac{\beta}{2}\right),$$

siendo:

- M La distancia exterior entre los alambres.
- d El diámetro exterior de la rosca.
- d' El diámetro primitivo de la rosca.
- d_v El diámetro de los alambres.
- p El paso de la rosca.
- e El grueso del filete (= p/2).
- β El ángulo formado por los flancos de los filetes.



Para d_v (diámetro de la varilla o alambre) se tomará el denominado diámetro mejor, que entra en contacto con el diámetro primitivo de la rosca; su valor es:

$$d_v = \frac{p \text{ (paso)}}{2 \cdot \cos \frac{\beta}{2}} = \frac{p}{2} \cdot \sec \frac{\beta}{2}.$$

Para filetes de $\beta = 60°$, $d_v = 0{,}5773 \times p$; $M = d - (1{,}5155 \times p) + 3 \times d_v$

Para filetes de $\beta = 55°$, $d_v = 0{,}56368 \times p$; $M = d - (1{,}6008 \times p) + 3{,}1657 \times d_v$

Para filetes de $\beta = 30°$, $M = d - (2{,}366 \times p) + 4{,}864 \times d_v$

Siendo 0,0005 μ la tolerancia del diámetro de los alambres se puede obtener la medición de la rosca con una tolerancia de 0,0025 μ.

Ejemplo. — Comprobación de una rosca M 30.

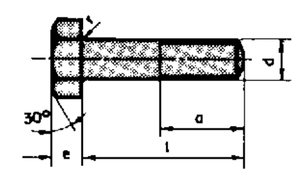
Para M 30, el diámetro d = 30 mm, y el paso p = 3,5 mm (en la Tabla 1.13).

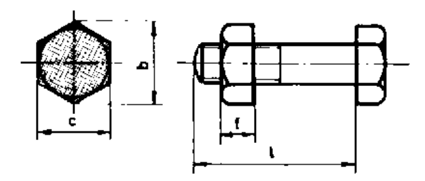
$d_v = 0{,}5773 \times 3{,}5 = 2{,}02$ mm.

$M = 30 - (1{,}5155 \times 3{,}5) + 3 \times 2{,}02 = 30{,}756$ mm.

TORNILLOS EXAGONALES (negros o corrientes)

TABLA 10_1 . 13





(Evítense los diámetros entre paréntesis)

(Concuerda en parte con DIN 601)

ROSCA METRICA

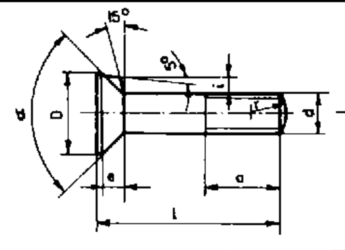
d		M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	(M 22)	M 24	(M 27)	M 30	(M 33)	M 36	(M 39)	M 42	(M 45)	M 48	(M 52)
l	mín.	16	16	16	16	20	30	30	40	40	60	75	75	100	100	120	130	140	170
	máx.	50	80	100	200	> 200													
a	mín.	12	16	18	20	22	28	32	36	38	40	45	50	56	60	65	–	–	–
	normal	16	18	22	25	28	35	40	45	50	55	60	65	70	75	65	85	85	90
	máx.	–	–	–	–	40	50	55	60	65	70	75	60	65	90	95	100	110	110
b ≈		10,4	11,5	16,2	19,6	21,9	27,7	34,6	36,9	41,6	47,3	53,1	57,7	63,5	69,3	75	80,8	86,5	92,4
c		9	10	14	17	19	24	30	32	36	41	46	50	55	60	65	70	75	80
e		3,5	4,5	5,5	7	8	10,5	13	14	16	17	19	21	23	25	26	28	30	32
f		4	5	6,5	8	9,5	13	16	17	18	20	22	25	28	30	32	35	38	40
r		0,5					1							2					

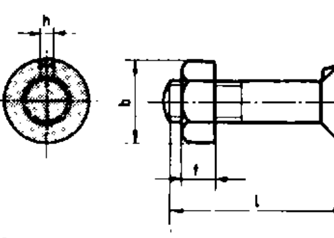
ROSCA WHITWORTH

d	pulgadas	1/4"	5/16"	3/8"	(7/16")	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 3/8"	1 1/2"	1 5/8"	1 3/4"	(1 7/8")	2"
	mm.	6,35	7,94	9,53	11,11	12,7	15,88	19,05	22,23	25,4	28,58	31,75	34,93	38,10	41,28	44,45	47,63	50,80
l	mín	20	20	20	20	20	30	30	40	40	60	65	70	75	80	80	80	100
	máx.	110	110	160	150	160	150	> 200										
a	mín.	16	18	20	22	26	28	32	38	40	45	50	55	60	65	–	–	–
	normal	18	22	25	28	30	35	40	50	55	60	65	70	75	80	85	85	90
	máx.	–	–	–	40	45	50	55	65	70	75	80	85	90	95	100	110	110
b ≈		12,7	16,2	19,6	21,9	25,4	31,2	36,9	41,6	47,3	53,1	57,7	63,5	69,3	75	80,8	86,5	92,4
c		11	14	17	19	22	27	32	36	41	46	50	55	60	65	70	75	80
e		5	6	7	8	9	11	13	15	16	20	22	24	27	30	32	34	36
f		5,5	6,5	8	9,5	11	13	16	18	20	22	25	28	30	32	35	38	40
r ≈		0,8			1					1,6							2	

TORNILLOS AVELLANADOS (PRISIONERO) (Negros o corrientes)

TABLA 10_2 . 13





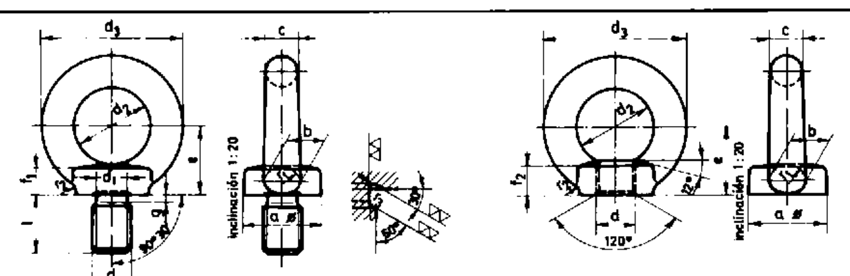
Para M 6 a M16, α = 90° ; para M 20 y M 24, α = 60°

(Concuerda en parte con DIN 604)

ROSCA METRICA

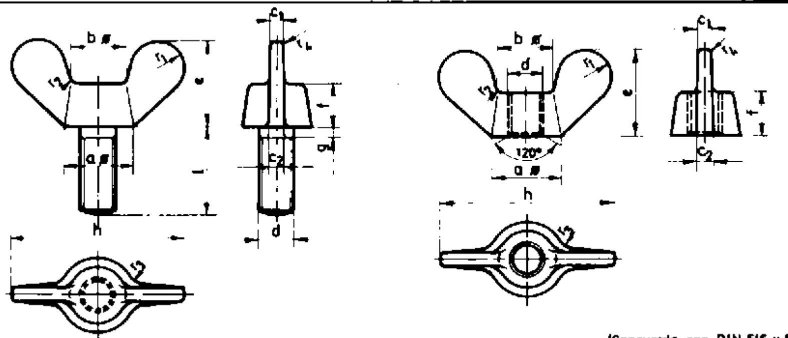
d		M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M24
l	mínimo	20	20	20	25	30	50	60
	máximo	100	150	>150				
a	mínimo	18	22	26	30	38	46	54
	máximo	24	28	32	36	44	52	60
b ≈		10,9	14,2	18,7	20,9	26,2	33	39,6
e		4	5	5,5	7	9	11,5	13
f		5	6,5	8	10	13	16	19
h		2,5	3	3,2	3,6	4,2	5,4	6,6
i (mín.)		2,8	3,5	4,2	5,7	7,5	5,7	6,7
r		5	6	8	10	15	18	20
D		12	16	19	24	32	32	38

TORNILLOS Y TUERCAS DE CANCAMO



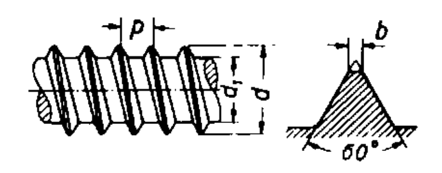
d	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24	M 30	M 36	M 42	M 48	M 56	M 64	M 72	M 80	M 100
a	20	25	30	35	40	50	65	75	85	100	110	120	150	170	190
b	10	12	14	16	19	24	28	32	38	46	50	58	72	80	88
c	8	10	12	14	16	20	24	28	32	38	42	48	60	68	75
d_1	6	7,7	9,3	13	16	19	24	30	35	40	48	55	63	71	91
d_2	20	25	30	35	40	50	60	70	80	90	100	110	140	160	180
d_3	36	45	54	63	72	90	108	126	144	166	184	206	260	296	330
e	18	22	26	30	35	45	55	65	75	85	95	105	130	150	165
f_1	6	8	10	12	14	18	22	26	30	35	38	42	50	55	60
f_2	8,5	10	11	13	16	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80
g	2	3	3	3	4	5	6	8	8	8	8	8	8	8	8
r_1	4	5	5	6	7	9	11	13	15	18	20	22	27	30	32
r_2	4	4	6	6	8	12	15	18	20	22	25	25	35	35	40
r_3	1	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4	4	4	4
l min.	20	24	29	35	38	47	55	66	77	83	95	106	121	136	146

TORNILLOS Y TUERCAS DE MARIPOSA

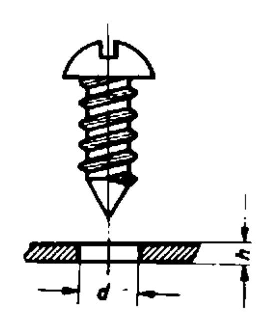


d	M 2	M 2,3	M 2,6	M 3	M 3,5	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24
a	5	5	6	6	8	8	10	12	16	20	23	28	36	45
b	4	4	5	5	6	6	8	10	12	16	19	22	28	36
c_1	1	1	1,2	1,2	1,6	1,6	2	2,5	3	4	5	6	7	9
c_2	1,2	1,2	1,6	1,6	2	2	2,5	3	4	5	6	7	9	11
e	6	6	8	8	10	10	12	16	20	25	32	36	45	56
f	3	3	4	4	5	5	6	8	10	12	14	16	20	24
g	0,9	0,9	1,2	1,2	1,5	1,5	1,8	2,5	3	4	4	4,5	6	7
h	12	12	16	16	20	20	25	32	40	50	64	72	90	112
r_1	2	2	2,5	2,5	3	3	4	5	6	8	10	11	14	18
r_2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	1	1,2	1,2	1,6	2	3
r_3	1,2	1,2	1,6	1,6	2	2	2,5	3	4	5	6	7	9	11
r_4	Redondeado									1	1	1,2	1,6	2,5

PERFILES Y TORNILLOS DE ROSCA CORTANTE



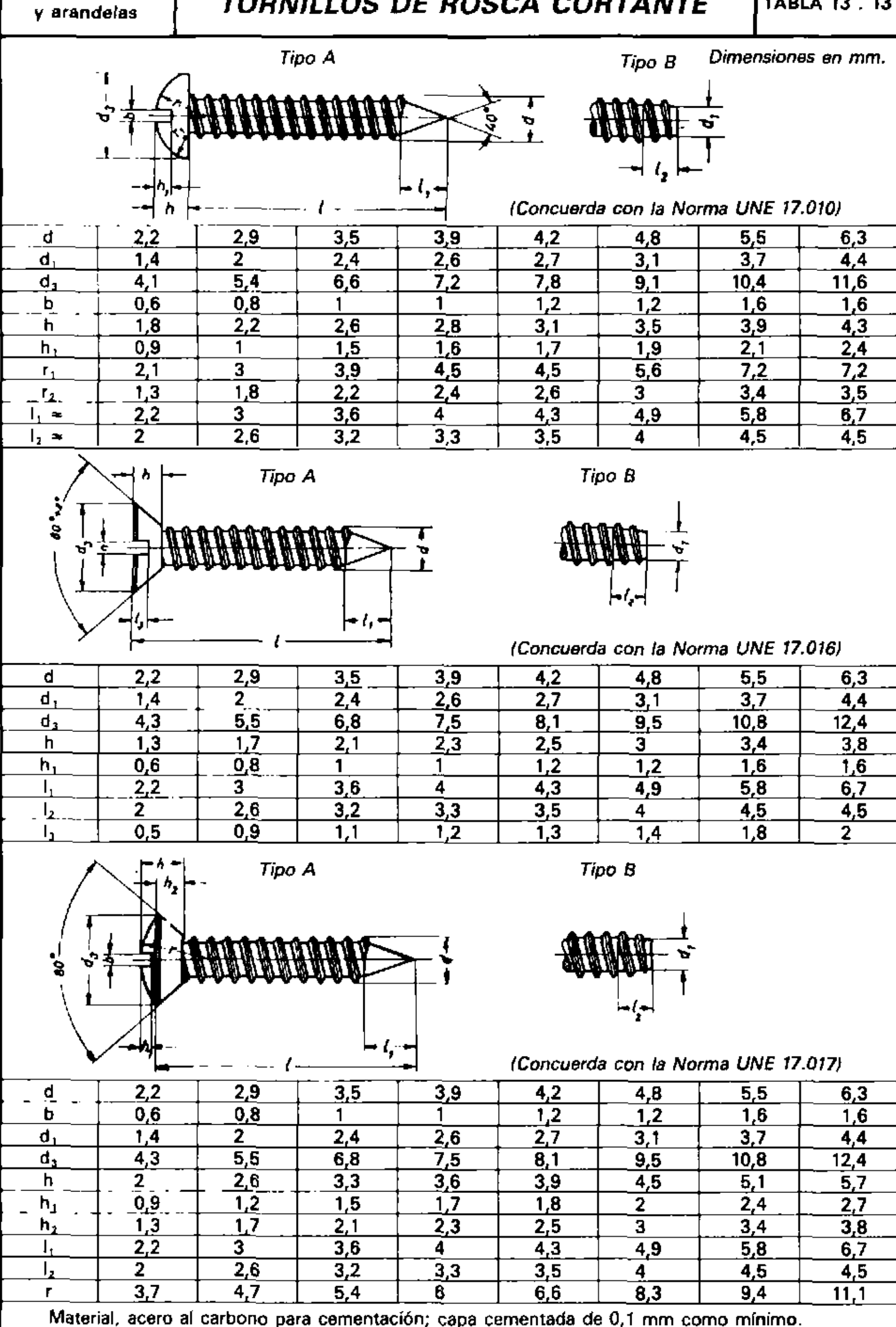
d	2,2	2,9	3,5	3,9	4,2	4,8	5,5	6,3	8	9,6
d_1	1,6	2,2	2,6	2,9	3,1	3,6	4,2	4,9	6,2	7,8
p	0,79	1,06	1,27	1,34	1,41	1,59	1,81	1,81	2,12	2,12
b	0,1					0,15				



Perfil	*Para chapa de acero*					*Para chapa de aluminio*				
	Espesor de la chapa									
	de 0,4 a 0,6	*de 0,6 a 1*	*de 1 a 1,5*	*de 1,5 a 2,5*	*de 2,5 a 4*	*de 0,4 a 0,6*	*de 0,6 a 1*	*de 1 a 1,5*	*de 1,5 a 2,5*	*de 2,5 a 4*
	Diámetro del agujero									
d = 2,2	1,7	1,7				1,7	1,7			
d = 2,9	2,3	2,4	2,4	2,5		2,3	2,3	2,4	2,4	
d = 3,5	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0	2,7	2,7	2,8	2,8	
d = 3,9		3,1	3,1	3,2	3,3		3,0	3,0		3,1
d = 4,2		3,3	3,3	3,4	3,5		3,2	3,2		3,3
d = 4,8		3,8	3,8	3,9	4,0		3,7	3,7		3,8
d = 5,5		4,4	4,4	4,5	4,6		4,3	4,3		4,4
d = 6,3				5,2	5,3		5,0	5,0		5,1
d = 8				6,6	6,7					6,4
d = 9,6				8,4	8,5					8,0

Dimensiones en mm. *(Concuerda con las Normas UNE 17.008 y 17.020)*

TORNILLOS DE ROSCA CORTANTE



Dimensiones en mm.

(Concuerda con la Norma UNE 17.010)

d	2,2	2,9	3,5	3,9	4,2	4,8	5,5	6,3
d_1	1,4	2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,7	4,4
d_3	4,1	5,4	6,6	7,2	7,8	9,1	10,4	11,6
b	0,6	0,8	1	1	1,2	1,2	1,6	1,6
h	1,8	2,2	2,6	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3
h_1	0,9	1	1,5	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4
r_1	2,1	3	3,9	4,5	4,5	5,6	7,2	7,2
r_2	1,3	1,8	2,2	2,4	2,6	3	3,4	3,5
$l_1 \approx$	2,2	3	3,6	4	4,3	4,9	5,8	6,7
$l_2 \approx$	2	2,6	3,2	3,3	3,5	4	4,5	4,5

(Concuerda con la Norma UNE 17.016)

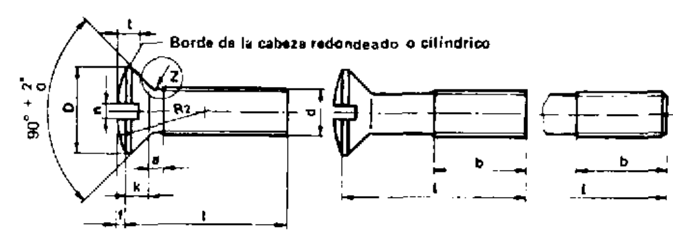
d	2,2	2,9	3,5	3,9	4,2	4,8	5,5	6,3
d_1	1,4	2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,7	4,4
d_3	4,3	5,5	6,8	7,5	8,1	9,5	10,8	12,4
h	1,3	1,7	2,1	2,3	2,5	3	3,4	3,8
h_1	0,6	0,8	1	1	1,2	1,2	1,6	1,6
l_1	2,2	3	3,6	4	4,3	4,9	5,8	6,7
l_2	2	2,6	3,2	3,3	3,5	4	4,5	4,5
l_3	0,5	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,8	2

(Concuerda con la Norma UNE 17.017)

d	2,2	2,9	3,5	3,9	4,2	4,8	5,5	6,3
b	0,6	0,8	1	1	1,2	1,2	1,6	1,6
d_1	1,4	2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,7	4,4
d_3	4,3	5,5	6,8	7,5	8,1	9,5	10,8	12,4
h	2	2,6	3,3	3,6	3,9	4,5	5,1	5,7
h_1	0,9	1,2	1,5	1,7	1,8	2	2,4	2,7
h_2	1,3	1,7	2,1	2,3	2,5	3	3,4	3,8
l_1	2,2	3	3,6	4	4,3	4,9	5,8	6,7
l_2	2	2,6	3,2	3,3	3,5	4	4,5	4,5
r	3,7	4,7	5,4	6	6,6	8,3	9,4	11,1

Material, acero al carbono para cementación; capa cementada de 0,1 mm como mínimo.

TORNILLOS DE CABEZA AVELLANADA, ABOMBADA Y RANURADA

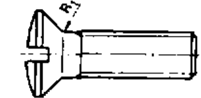


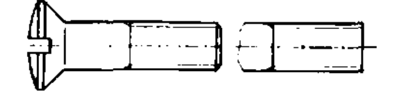
Diámetro de caña ≈ Diámetro medio





Detalle Z





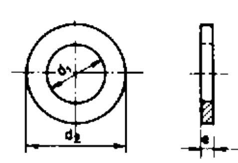
Diámetro de caña ≈ Diámetro exterior

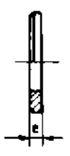
Diámetro nominal d		*1*	*1,2*	*(1,4)*	*1,6*	*(1,8)*	*2*	*(2,2)*	*2,5*	*3*	*(3,5)*	*4*	*(4,5)*	*5*	*6*	*8*	*10*	*12*	*(14)*	*16*	*(18)*	*20*
D	teórico	2,2	2,64	3,08	3,52	3,96	4,4	4,84	5,5	6,3	7,35	8,4	9	10	12	16	20	24	28	32	36	40
	máx.	2	2,35	2,7	3,1	3,45	3,8	4,2	4,7	5,6	6,5	7,4	8,3	9,2	11	14,5	18	21,5	25	28,5	32,5	36
	mín.	1,75	2,1	2,45	2,8	3,15	3,5	3,9	4,4	5,3	6,1	7	7,9	8,8	10,5	14	17,5	21	24,5	28	31,5	35
k	máx	0,6	0,72	0,84	0,96	1,08	1,2	1,32	1,5	1,65	1,93	2,2	2,25	2,5	3	4	5	6	7	8	9	10
n	nominal	0,25	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	0,8	1	1	1,2	1,6	2	2,5	3	3	4	4	5
	mín.	0,31	0,36	0,36	0,46	0,46	0,56	0,66	0,66	0,86	0,86	1,06	1,06	1,26	1,66	2,06	2,56	3,06	3,06	4,07	4,07	5,07
	máx.	0,45	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	1	1	1,2	1,2	1,51	1,91	2,31	2,81	3,31	3,31	4,37	4,37	5,37
t	mín.	0,4	0,48	0,56	0,64	0,72	0,8	0,88	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,4	3,2	4	4,8	5,6	6,4	7,2	8
	máx.	0,55	0,64	0,73	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,45	1,7	1,9	2,1	2,3	2,8	3,7	4,5	5,4	6,3	7,2	8,1	9
R_1 ≈		0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,22	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
R_2 ≈		2,1	2,6	2,9	3,4	3,8	4,2	4,6	5,4	6	6,8	8	8,7	9,4	12	15	19	22,5	26	30	34	38
f		0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,75	0,9	1	1,1	1,25	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
d (2 × paso) máx.		0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1	1,2	1,4	1,5	1,6	2	2,5	3	3,5	4	4	5	5

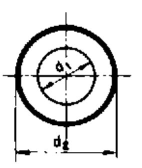
Dimensiones en mm *(Concuerda con la Norma UNE 17.098-80)*

ARANDELAS PLANAS

TABLA 15 . 13



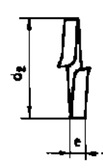


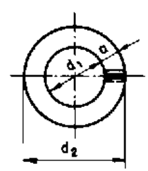


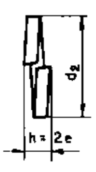
Arandela			Para tornillo		Arandela			Para tornillo	
d_1	d_2	e	Métrico	Whitworth	d_1	d_2	e	Métrico	Whitworth
2,2	5,5	0,5	2		43	78	7	42	1 5/8"
2,8	7	0,5	2,6		46	85	7	45	1 3/4"
3,2	7	0,5	3		50	92	8	48	
4,3	9	0,8	4		54	98	8	52	2"
5,3	11	1	5		58	105	9	56	
6,4	12	1,5	6		60	110	9	58	2 1/4"
8,4	17	2	8		66	115	9	64	2 1/2"
10,5	21	2,5	10		74	125	10	72	2 3/4"
13	24	3	12		78	135	10	76	3"
13,8	24	3		1/2"	82	140	12	80	
17	30	3	16	5/8"	93	160	12	90	3 1/2"
21	36	4	20	3/4"	104	175	14	100	4"
23	40	4	22	7/8"	114	185	14	110	
25	44	4	24		119	200	14	115	4 1/2"
27	50	5	26	1"	124	210	16	120	
31	56	5	30	1 1/8"	129	220	16	125	5"
33	60	5	32	1 1/4"	134	220	16	130	
36	68	6	35	1 3/8"	144	240	18	140	5 1/2"
37	68	6	36		155	250	18	150	6"
40	72	6	39	1 1/2"	(Concuerda con la norma DIN 127)				

ARANDELAS DE MUELLE

TABLA 16 . 13

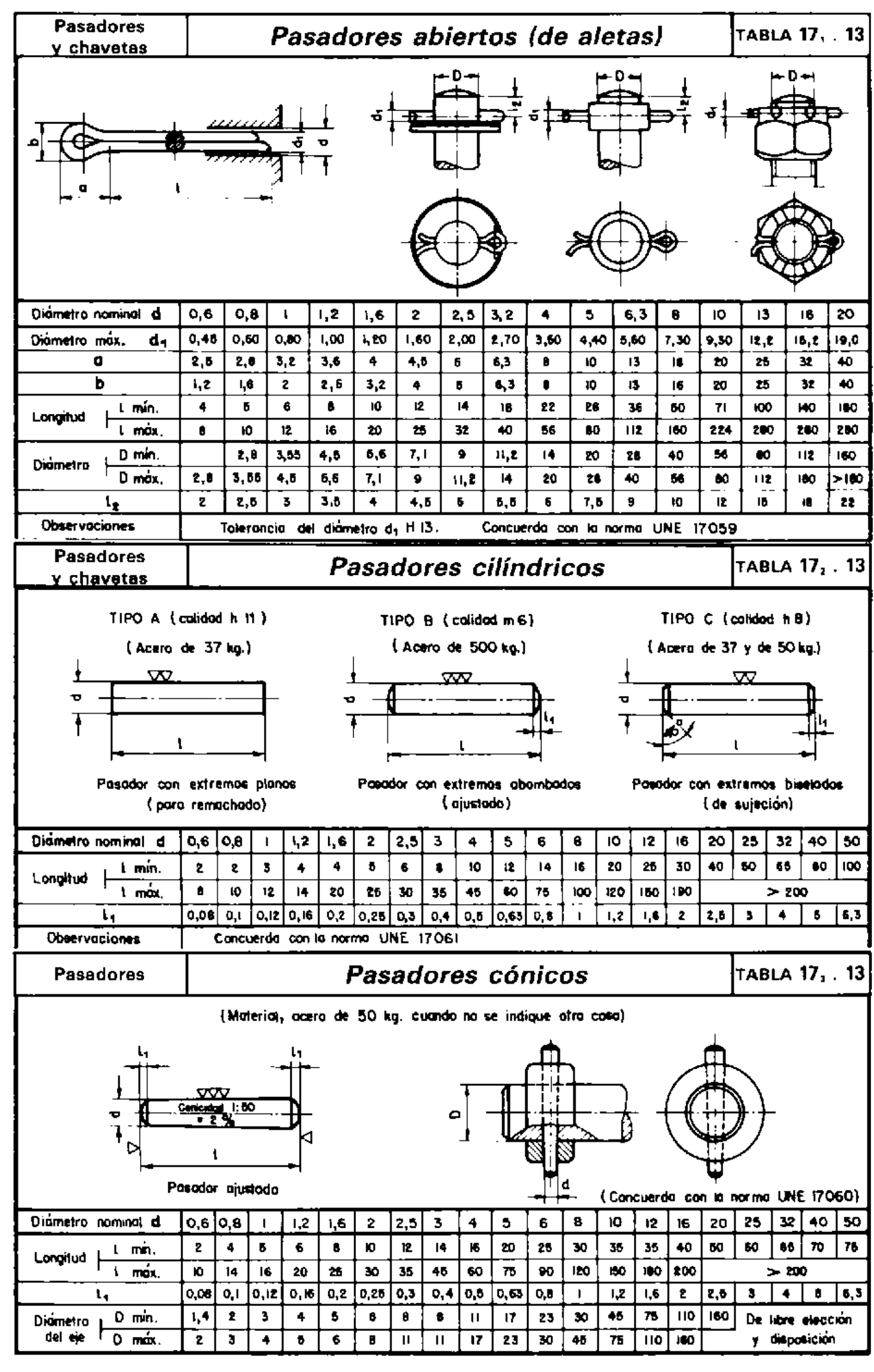






(Concuerda con la norma DIN 127)

Medida nominal	Arandela				Para tornillo....		Medida nominal	Arandela				Para tornillo....	
	d_1	d_2	e	a	Métrico	Whitworth		d_1	d_2	e	a	Métrico	Whitworth
2	2,1	3,9	0,5	0,9	2		24	24,5	38,5	5	7	24	
2,6	2,7	4,7	0,6	1	2,6		26	26,5	40,5	5	7	26	1"
3	3,1	5,7	0,8	1,3	3		30	30,5	46,5	6	8	30	1 1/8"
4	4,1	7,1	0,9	1,5	4		32	32,5	48,5	6	8	32	1 1/4"
5	5,1	8,7	1,2	1,8	5		35	35,5	55,5	6	10	35	1 3/8"
6	6,1	11,1	1,6	2,5	6		36	36,5	56,5	6	10	36	
8	8,2	14,2	2	3	8		39	39,5	59,5	6	10	39	1 1/2"
10	10,2	17,2	2,2	3,5	10		42	42,5	66,5	7	12	42	1 5/8"
12	12,2	20,2	2,5	4	12		45	45,5	69,5	7	12	45	1 3/4"
14	14,2	23,2	3	4,5	14	1/2"	48	49	73	7	12	48	
16	16,2	26,2	3,5	5	16	5/8"	52	53	81	8	14	52	2"
20	20,2	32,2	4	6	20	3/4"	58	59	87	8	14	58	2 1/4"
22	22,5	34,5	4	6	22	7/8"	60	61	89	8	14	60	



Pasadores y chavetas	Pasadores abiertos (de aletas)	TABLA 17₁ . 13

Diámetro nominal d		0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20
Diámetro máx. d_1		0,45	0,60	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	2,70	3,60	4,40	5,60	7,30	9,30	12,2	15,2	19,0
a		2,5	2,8	3,2	3,6	4	4,5	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40
b		1,2	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,3	8	10	13	16	20	25	32	40
Longitud	l mín.	4	5	6	8	10	12	14	18	22	28	36	50	71	100	140	160
	l máx.	8	10	12	16	20	25	32	40	56	80	112	160	224	280	280	280
Diámetro	D mín.		2,8	3,55	4,5	5,6	7,1	9	11,2	14	20	28	40	56	80	112	160
	D máx.	2,8	3,55	4,5	5,6	7,1	9	11,2	14	20	28	40	56	80	112	160	>160
l_2		2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	7,5	9	10	12	15	18	22
Observaciones		Tolerancia del diámetro d_1 H 13. Concuerda con la norma UNE 17059															

Pasadores y chavetas	Pasadores cilíndricos	TABLA 17₂ . 13

TIPO A (calidad h 11)
(Acero de 37 kg.)

Pasador con extremos planos
(para remachado)

TIPO B (calidad m 6)
(Acero de 500 kg.)

Pasador con extremos abombados
(ajustado)

TIPO C (calidad h 8)
(Acero de 37 y de 50 kg.)

Pasador con extremos biselados
(de sujeción)

Diámetro nominal d		0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50
Longitud	l mín.	2	2	3	4	4	5	6	8	10	12	14	16	20	25	30	40	50	65	80	100
	l máx.	6	10	12	14	20	25	30	35	45	50	75	100	120	150	190	> 200				
l_1		0,06	0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,63	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6,3
Observaciones		Concuerda con la norma UNE 17061																			

Pasadores	Pasadores cónicos	TABLA 17₃ . 13

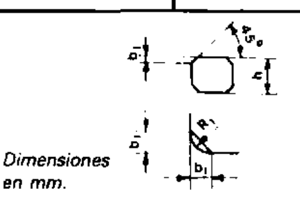
(Materia), acero de 50 kg. cuando no se indique otra cosa)

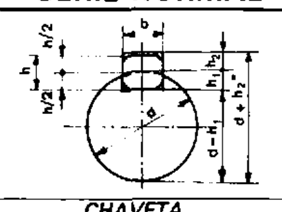
Pasador ajustado

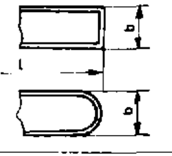
(Concuerda con la norma UNE 17060)

Diámetro nominal d		0,6	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50
Longitud	l mín.	2	4	5	6	8	10	12	14	16	20	25	30	35	35	40	50	60	65	70	75
	l máx.	10	14	16	20	25	30	35	45	60	75	90	120	150	180	200	> 200				
l_1		0,06	0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,63	0,8	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4	5	6,3
Diámetro del eje	D mín.	1,4	2	3	4	5	6	8	8	11	17	23	30	45	75	110	160	De libre elección y disposición			
	D máx.	2	3	4	5	6	8	11	11	17	23	30	45	75	110	160					

CHAVETAS PARALELAS SERIE NORMAL







Dimensiones en mm.

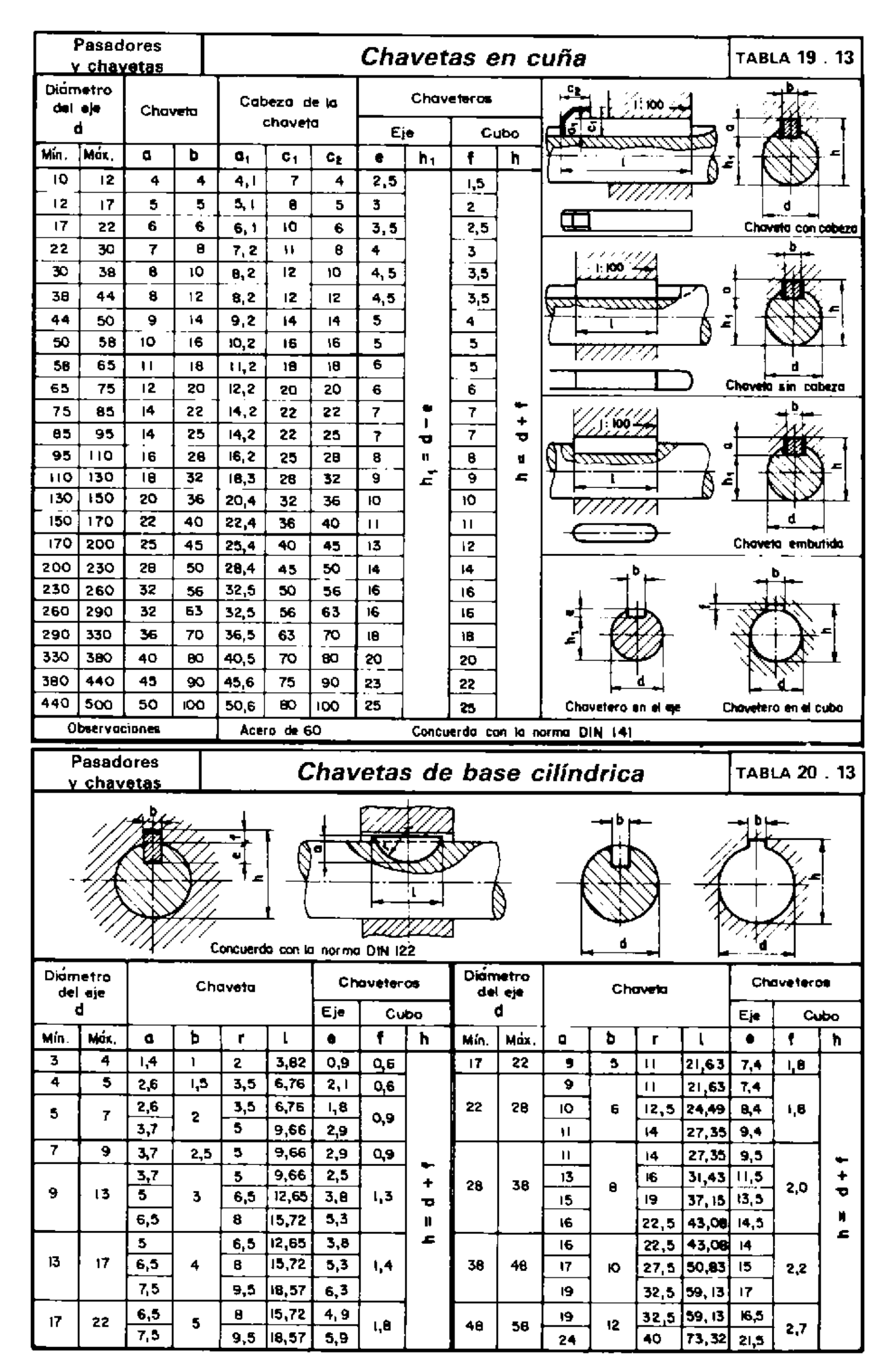
(De UNE 17.102 h1)

CHAVETA

Sección	Ancho b		Altura h		Chaflán b_1		Longitud l	
b × h	Nominal	Toler. h9	Nominal	Toler. h9 y h11	Mínima	Máximo	De...	...a
4 × 4	4		4		0,16	0,25	8	45
5 × 5	5	0 −0,030	5	0 −0,030	0,25	0,40	10	56
6 × 6	6		6		0,25	0,40	14	70
8 × 7	8	0 −0,036	7		0,25	0,40	18	90
10 × 8	10		8		0,40	0,60	22	110
12 × 8	12		8		0,40	0,60	28	140
14 × 9	14	0 −0,043	9	0 −0,090	0,40	0,60	36	160
16 × 10	16		10		0,40	0,60	45	180
18 × 11	18		11		0,40	0,60	50	200
20 × 12	20		12		0,40	0,80	56	220
22 × 14	22	0 −0,052	14	0 −0,110	0,60	0,80	63	250
25 × 14	25		14		0,60	0,80	70	280
28 × 16	28		16		0,60	0,80	80	320
32 × 18	32		18		0,60	0,80	90	360
36 × 20	36	0 −0,062	20		0,60	1,20	100	400
40 × 22	40		22	0 0,130	1,00	1,20	—	—
45 × 25	45		25		1,00	1,20	—	—
50 × 28	50		28		1,00	1,20	—	—
56 × 32	56		32		1,00	2,00	—	—
63 × 32	63	0 −0,074	32		1,60	2,00	—	—
70 × 36	70		36	0 −0,160	1,60	2,00	—	—
80 × 40	80		40		2,50	3,00	—	—
90 × 45	90	0 −0,087	45		2,50	3,00	—	—
100 × 50	100		50		2,50	3,00	—	—

CHAVETERO

Diámetro del eje d		Sección de la chaveta	Ancho b, tolerancia						Profundidad				Chaflán R_1	
			Nominal	Clase de ajuste del enchavetado					Eje h_1		Cubo h_2			
				Libre		Normal		Ajustado						
Más de	hasta	b × h		Eje h9	Cubo D10	Eje N9	Cubo Js 9	Eje y cubo P9	Nominal	Toler.	Nominal	Toler.	Mín.	Máx.
10	12	4 × 4	4					−0,012 −0,042	2,5		1,8		0,08	0,16
12	17	5 × 5	5	+0,030 0	+0,078 +0,030	0 −0,030	±0,015		3	+0,1 0	2,3	+0,1 0	0,16	0,25
17	22	6 × 6	6						3,5		2,8		0,16	0,25
22	30	8 × 7	8	+0,036 0	+0,098 +0,040	0 −0,036	±0,018	−0,015 −0,051	4		3,3		0,16	0,25
30	38	10 × 8	10						5		3,3		0,25	0,40
38	44	12 × 8	12						5		3,3		0,25	0,40
44	50	14 × 9	14	+0,043 0	+0,120 +0,050	0 −0,043	±0,0215	−0,018 −0,061	5,5		3,8		0,25	0,40
50	58	16 × 10	16						6		4,3		0,25	0,40
58	65	18 × 11	18						7	+0,2 0	4,4	+0,2 0	0,25	0,40
65	75	20 × 12	20						7,5		4,9		0,40	0,60
75	85	22 × 14	22	+0,052 0	+0,149 +0,065	0 −0,052	±0,026	−0,022 −0,074	9		5,4		0,40	0,60
85	95	25 × 14	25						9		5,4		0,40	0,60
95	110	28 × 16	28						10		6,4		0,40	0,60
110	130	32 × 18	32						11		7,4		0,40	0,60
130	150	36 × 20	36	+0,062 0	+0,180 +0,080	0 −0,062	±0,031	−0,026 −0,088	12		8,4		0,70	1,00
150	170	40 × 22	40						13		9,4		0,70	1,00
170	200	45 × 25	45						15		10,4		0,70	1,00
200	230	50 × 28	50						17		11,4		0,70	1,00
230	260	56 × 32	56						20	+0,3 0	12,4	+0,3 0	0,70	1,00
260	290	63 × 32	63	+0,074 0	+0,220 +0,100	0 −0,074	±0,037	−0,032 −0,106	20		12,4		1,20	1,60
290	330	70 × 36	70						22		14,4		1,20	1,60
330	380	80 × 40	80						25		15,4		2,00	2,50
380	440	90 × 45	90	+0,087 0	+0,260 +0,120	0 −0,087	±0,0435	−0,037 −0,124	28		17,4		2,00	2,50
400	500	100 × 50	100						31		19,5		2,00	2,50



Pasadores y chavetas

Chavetas en cuña

TABLA 19 . 13

Diámetro del eje d		Chaveta		Cabeza de la chaveta			Chaveteros			
							Eje		Cubo	
Mín.	Máx.	a	b	a_1	c_1	c_2	e	h_1	f	h
10	12	4	4	4,1	7	4	2,5	$h_1 = d - e$	1,5	$h = d + f$
12	17	5	5	5,1	8	5	3		2	
17	22	6	6	6,1	10	6	3,5		2,5	
22	30	7	8	7,2	11	8	4		3	
30	38	8	10	8,2	12	10	4,5		3,5	
38	44	8	12	8,2	12	12	4,5		3,5	
44	50	9	14	9,2	14	14	5		4	
50	58	10	16	10,2	16	16	5		5	
58	65	11	18	11,2	18	18	6		5	
65	75	12	20	12,2	20	20	6		6	
75	85	14	22	14,2	22	22	7		7	
85	95	14	25	14,2	22	25	7		7	
95	110	16	28	16,2	25	28	8		8	
110	130	18	32	18,3	28	32	9		9	
130	150	20	36	20,4	32	36	10		10	
150	170	22	40	22,4	36	40	11		11	
170	200	25	45	25,4	40	45	13		12	
200	230	28	50	28,4	45	50	14		14	
230	260	32	56	32,5	50	56	16		16	
260	290	32	63	32,5	56	63	16		16	
290	330	36	70	36,5	63	70	18		18	
330	380	40	80	40,5	70	80	20		20	
380	440	45	90	45,6	75	90	23		22	
440	500	50	100	50,6	80	100	25		25	
Observaciones		Acero de 60			Concuerda con la norma DIN 141					

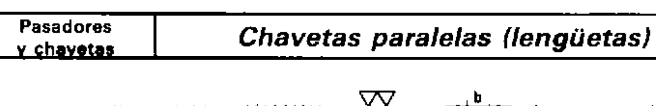
Pasadores y chavetas

Chavetas de base cilíndrica

TABLA 20 . 13

Diámetro del eje d		Chaveta				Chaveteros		
						Eje	Cubo	
Mín.	Máx.	a	b	r	l	e	f	h
3	4	1,4	1	2	3,82	0,9	0,6	$h = d + f$
4	5	2,6	1,5	3,5	6,76	2,1	0,6	
5	7	2,6	2	3,5	6,76	1,8	0,9	
		3,7		5	9,66	2,9		
7	9	3,7	2,5	5	9,66	2,9	0,9	
9	13	3,7	3	5	9,66	2,5	1,3	
		5		6,5	12,65	3,8		
		6,5		8	15,72	5,3		
13	17	5	4	6,5	12,65	3,8	1,4	
		6,5		8	15,72	5,3		
		7,5		9,5	18,57	6,3		
17	22	6,5	5	8	15,72	4,9	1,8	
		7,5		9,5	18,57	5,9		

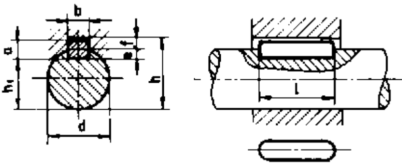
Diámetro del eje d		Chaveta				Chaveteros		
						Eje	Cubo	
Mín.	Máx.	a	b	r	l	e	f	h
17	22	9	5	11	21,63	7,4	1,8	$h = d + f$
22	28	9	6	11	21,63	7,4	1,8	
		10		12,5	24,49	8,4		
		11		14	27,35	9,4		
28	38	11	8	14	27,35	9,5	2,0	
		13		16	31,43	11,5		
		15		19	37,15	13,5		
		16		22,5	43,08	14,5		
38	48	16	10	22,5	43,08	14	2,2	
		17		27,5	50,83	15		
		19		32,5	59,13	17		
48	58	19	12	32,5	59,13	16,5	2,7	
		24		40	73,32	21,5		




Pasadores y chavetas

Chavetas paralelas (lengüetas)

TABLA 21 . 13



Chaveta paralela de deslizamiento — Concuerda con la norma DIN 269 — Chaveta paralela de ajuste

Diámetro del eje d Mín.	Diámetro del eje d Máx.	Chaveta a	Chaveta b	Chavetero Eje e	Chavetero Eje h_1	Chavetero Cubo f	Chavetero Cubo h	Diámetro del eje d Mín.	Diámetro del eje d Máx.	Chaveta a	Chaveta b	Chavetero Eje e	Chavetero Eje h_1	Chavetero Cubo f	Chavetero Cubo h
8	10	3	3	1,8	$h_1 = d - e$	1,3	$h = d + f$	92	110	16	28	8	$h_1 = d - e$	8,3	$h = d + f$
10	12	4	4	2,5		1,7		110	130	18	32	9		9,3	
12	17	5	5	3		2,2		130	150	20	36	10		10,3	
17	22	6	6	3,5		2,7		150	170	22	40	11		11,3	
22	30	7	8	4		3,2		170	200	25	45	13		12,3	
30	38	8	10	4,5		3,7		200	230	28	50	14		14,3	
38	44	8	12	4,5		3,7		230	260	30	55	15		15,3	
44	50	9	14	5		4,2		260	290	32	60	16		16,4	
50	58	10	16	5		5,2		290	330	36	70	18		18,4	
58	68	11	18	6		5,3		330	380	40	80	20		20,4	
68	78	12	20	6		6,3		380	440	45	90	23		22,4	
78	92	14	24	7		7,3		440	500	50	100	25		25,4	

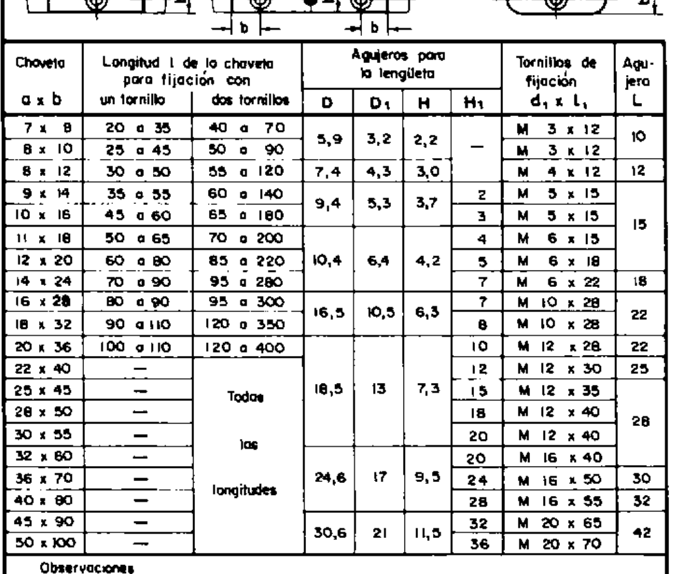


Pasadores y chavetas

Agujeros y tornillos para lengüetas

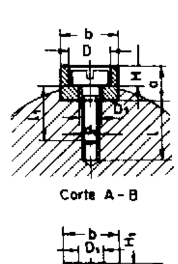
TABLA 22 . 13

Lengüeta rectangular — Lengueta redonda

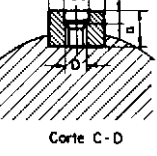


Chaveta a x b	Longitud l de la chaveta para fijación con un tornillo	Longitud l de la chaveta para fijación con dos tornillos	Agujeros para la lengüeta D	D_1	H	H_1	Tornillos de fijación $d_1 \times l_1$	Agujero L
7 x 8	20 a 35	40 a 70	5,9	3,2	2,2	—	M 3 x 12	10
8 x 10	25 a 45	50 a 90					M 3 x 12	
8 x 12	30 a 50	55 a 120	7,4	4,3	3,0		M 4 x 12	12
9 x 14	35 a 55	60 a 140	9,4	5,3	3,7	2	M 5 x 15	15
10 x 16	45 a 60	65 a 180				3	M 5 x 15	
11 x 18	50 a 65	70 a 200	10,4	6,4	4,2	4	M 6 x 15	
12 x 20	60 a 80	85 a 220				5	M 6 x 18	
14 x 24	70 a 90	95 a 280				7	M 6 x 22	18
16 x 28	80 a 90	95 a 300	16,5	10,5	6,3	7	M 10 x 28	22
18 x 32	90 a 110	120 a 350				8	M 10 x 28	
20 x 36	100 a 110	120 a 400	18,5	13	7,3	10	M 12 x 28	22
22 x 40	—	Todas las longitudes				12	M 12 x 30	25
25 x 45	—					15	M 12 x 35	28
28 x 50	—					18	M 12 x 40	
30 x 55	—					20	M 12 x 40	
32 x 60	—		24,6	17	9,5	20	M 16 x 40	
36 x 70	—					24	M 16 x 50	30
40 x 80	—					28	M 16 x 55	32
45 x 90	—		30,6	21	11,5	32	M 20 x 65	42
50 x 100	—					36	M 20 x 70	

Observaciones



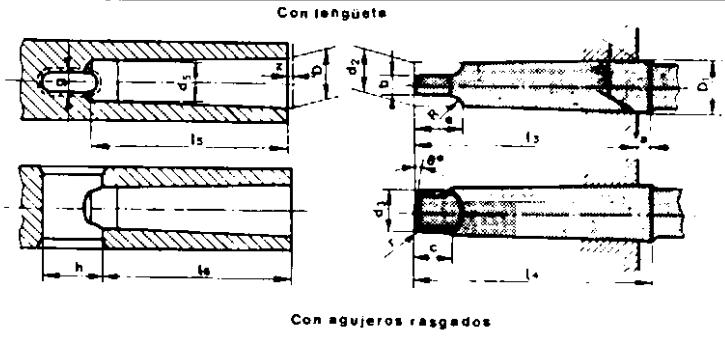
Corte A - B



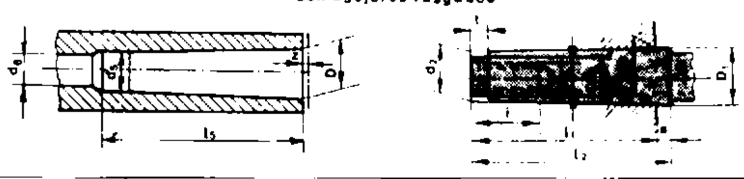
Corte C - D

Accesorios para corte	CONOS PARA HERRAMIENTA COMO MÉTRICO	TABLA 23 . 13

Con lengüeta



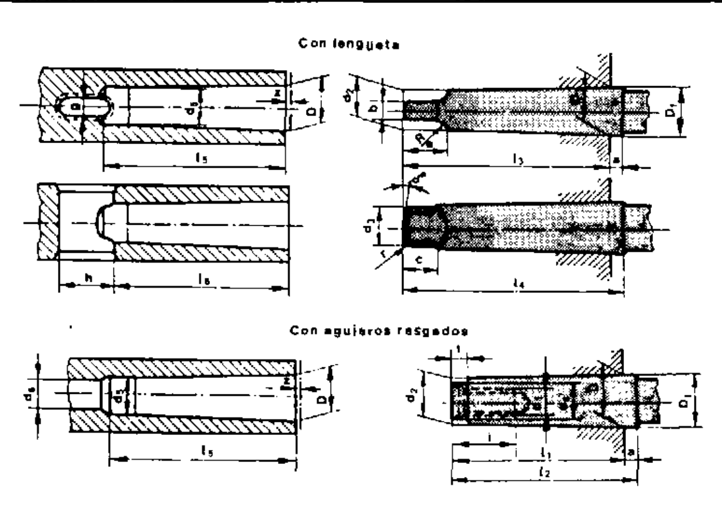
Con agujeros rasgados



Designación		Conos métricos						
Dimensiones de base	Conicidad	4	6	80	100	120	160	200
		1:20 = 0,05						
Cono exterior	D	4	6	80	100	120	160	200
	α	2	3	8	10	12	16	20
	D_1	4,1	6,2	80,4	100,5	120,6	160,8	201
	d	2,9	4,4	70,2	88,4	106,6	143	179,4
	d_1	—	—	M 30	M 36	M 36	M 48	M 48
	d_2	—	—	69	87	105	141	177
	d_3	—	—	67	85	102	138	174
	d_4 máx	2,5	4	67	85	102	138	174
	l_1 máx	23	32	196	232	268	340	412
	l_2 máx	25	35	204	242	280	356	432
	l_3 máx	—	—	220	260	300	380	460
	l_4 máx	—	—	228	270	312	396	480
	b h3	—	—	26	32	38	50	62
	c	—	—	24	28	32	40	48
	e máx	—	—	48	58	68	88	108
	i mín	—	—	65	80	80	100	100
	R máx	—	—	24	30	36	48	60
	r	—	—	5	5	6	8	10
	t máx	2	3	24	30	36	48	60
Cono interior	d_5 H11	3	4,6	71,5	90	108,5	146,5	182,5
	d_6	—	—	33	39	39	52	52
	l_5 mín	25	34	202	240	276	350	424
	l_6	21	29	186	220	254	321	388
	g A13	2,2	3,2	26	32	38	50	62
	h	8	12	52	60	70	90	110
	z	0,5	0,5	2	2	2	3	3

D = diámetro de base. Dimensiones en mm. *(Concuerda con la Norma UNE 15.007-76)*

Accesorios para corte	CONOS PARA HERRAMIENTA CONO MORSE	TABLA 24 . 13



Designación		Conos Morse						
		0	1	2	3	4	5	6
Dimensiones de base	Conicidad	0,6246:12 = 1:19,212 = 0,05205	0,59858:12 = 1:20,047 = 0,04988	0,59941:12 = 1:20,020 = 0,04995	0,60235:12 = 1:19,922 = 0,05020	0,62326:12 = 1:19,254 = 0,05194	0,63151:12 = 1:19,002 = 0,05263	0,62565:12 = 1:19,180 = 0,05214
Cono exterior	D	9,045	12,065	17,780	23,825	31,267	44,399	63,348
	a	3	3,5	5	5	6	6,5	8
	D_1	9,2	12,2	18	24,1	31,6	44,7	63,8
	d	6,4	9,4	14,6	19,8	25,9	37,6	53,9
	d_1	—	M 6	M 10	M 12	M 16	M 20	M 24
	d_2	6,1	9	14	19,1	25,2	36,5	52,4
	d_3	6	8,7	13,5	18,5	24,5	35,7	51
	d_4 máx	6	9	14	19	25	35,7	51
	l_1 máx	50	53,5	64	81	102,5	129,5	182
	l_2 máx	53	57	69	86	109	136	190
	l_3 máx	56,5	62	75	94	117,5	149,5	210
	l_4 máx	59,5	65,5	80	99	124	156	218
	b h13	3,9	5,2	6,3	7,9	11,9	15,9	19
	c	6,5	8,5	10	13	16	19	27
	e máx	10,5	13,5	16	20	24	29	40
	i mín	—	16	24	28	32	40	50
	R máx	4	5	6	7	8	10	13
	r	1	1,2	1,6	2	2,5	3	4
	t máx	4	5	5	7	9	10	16
Cono interior	d_5 H11	4,6	9,7	14,9	20,2	26,5	38,2	54,6
	d_6	—	7	11,5	14	18	23	27
	l_5 mín	34	56	67	84	107	135	188
	l_6	29	52	62	78	98	125	177
	g A13	3,2	5,2	6,3	7,9	11,9	15,9	19
	h	12	19	22	27	32	38	47
	z	0,5	1	1	1	1,5	1,5	2

D = diámetro de base. Dimensiones en mm. *(Concuerda con la Norma UNE 15.007-76)*

SECCIÓN DECIMOCUARTA

AMPLIACION

POTENCIACION Y RADICACION
(Operaciones de tercer orden)

Potenciación

Potencia es el producto que resulta al multiplicar un número por si mismo una o varias veces; $4^3 = 4 \times 4 \times 4 = 64$. La base de la potencia 4^3 es el número 4, el exponente el 3, y la potencia 64.

Una base positiva da un resultado + (positivo) con exponente par o impar; la base negativa da un resultado + con exponente par, y − (negativo) con exponente impar.

Cuadrados y cubos

Cuadrados: $1^2 = 1$; $2^2 = 4$; $3^2 = 9$; $4^2 = 16$; $5^2 = 25$; $6^2 = 36$; $7^2 = 49$; $8^2 = 64$; $9^2 = 81$; $10^2 = 100$

Cubos: $1^3 = 1$; $2^3 = 8$; $3^3 = 27$; $4^3 = 64$; $5^3 = 125$; $6^3 = 216$; $7^3 = 343$; $8^3 = 512$; $9^3 = 729$; $10^3 = 1000$

Potencias notables

$a^n = +a^n$ si n es par; $a^n = -a^n$ si n es impar. $a^{-5} = \dfrac{1}{a^5}$ (negativa).

$$a^0 = 1;\ a = \frac{a^n}{a^{n-1}} = a;\quad a^{-n} = \frac{1}{a^n}$$

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n};\ a^m : a^n = a^{m-n}$$

$$a^n \cdot b^n = (ab)^n;\ a^n : b^n = (a:b)^n$$

$$(abc)^n = a^n b^n c^n;\ (a+b+c)^2 = a^2 + 2ab + b^2 + 2ac + 2bc + c^2$$

$$a^2 - b^2 = (a+b)(a-b)$$

$$(a+b)^2 = a^2 + 2ab + b^2;\ (a-b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$$

$$(a+b)^3 = a^3 + 3a^2b + 3ab^2 + b^3;\ (a-b)^3 = a^3 - 3a^2b + 3ab^2 - b^3$$

$$a^3 + b^3 = (a+b)(a^2 - ab + b^2);\ a^3 - b^3 = (a-b)(a^2 + ab + b^2)$$

$$(a+b)^2 + (a-b)^2 = 2(a^2 + b^2);\ (a+b)^2 - (a+b)^2 = 4ab$$

Radicación

Raiz es la cantidad que se ha de multiplicar por si misma una o más veces para obtener un número determinado, por ejemplo $\sqrt[3]{27} = 3$; $3 \times 3 \times 3 = 27$

Para $\sqrt[n]{a} = b$, $b^n = a$; a es el radicando, b la raiz, y n el índice o exponente de la raiz ($n = \dfrac{\log a}{\log b}$)

Raices notables

$$\sqrt[n]{a} = a^{\frac{1}{n}};\quad \sqrt[n]{a^n} = a;\ (\sqrt[n]{a})^n = a$$

$$\sqrt[n]{a^{mn}} = a^m;\ \sqrt[m]{a^n} = (\sqrt[m]{a})^n = a^{\frac{n}{m}};\ \sqrt[mn]{a^n} = \sqrt[m]{a}$$

$$\sqrt[n]{ab} = \sqrt[n]{a}\sqrt{b};\ \sqrt[n]{a:b} = \sqrt[n]{a} : \sqrt[n]{b};\ \sqrt[n]{1:a} = 1 : \sqrt[n]{a} = a^{-1:n}$$

$$\sqrt[n]{\sqrt[m]{a}} = \sqrt[m]{\sqrt[n]{a}} = \sqrt[mn]{a};\ \sqrt[m]{a} \cdot \sqrt[n]{a} = \sqrt[mn]{a^{m+n}}$$

$$\sqrt{a} = \pm\sqrt{a};\ \sqrt{a^2} = \pm a;\ \sqrt{(a+b)^2} = \pm a + b$$

$$\sqrt{a} + \sqrt{b} = \sqrt{a + b + 2\sqrt{ab}};\ \sqrt{a} - \sqrt{b} = \sqrt{a + b - 2\sqrt{ab}}$$

$$\sqrt[2n]{a} = \pm\sqrt[2n]{a};\ \sqrt[2n+1]{-a} = -\sqrt[2n+1]{a}$$

OPERACIONES CON POTENCIAS DE BASE 10

Potencias de base 10

El valor de las potencias de base 10 es igual a esta base multiplicada por si misma tantas veces como unidades tiene el exponente.

a) Exponente positivo:

$10^3 = 10 \times 10 \times 10$ (= 1000)

b) Exponente negativo:

$$10^{-3} = \frac{1}{10^3} = \frac{1}{10 \times 10 \times 10} \left(= \frac{1}{1000} = 0.001\right)$$

c) Exponente igual a cero:

$10^0 = 1$

Signo de las potencias de base 10

a) Si la base es positiva, la potencia será positiva:

$10^3 = 10 \times 10 \times 10 = 1000$

$$10^{-3} = \frac{1}{10^3} = 0{,}001$$

b) Si la base es negativa y el exponente par, la potencia será positiva:

$-10^4 = (-10) \cdot (-10) \cdot (-10) \cdot (-10) = +\ 10000$

c) Si la base es negativa y el exponente impar, la potencia será negativa:

$-10^3 = (-10) \cdot (-10) \cdot (-10) = -\ 1000$

Variación del signo del exponente de las potencias de base 10

El signo del exponente de las potencias de base 10 se puede cambiar transformándolas en su valor recíproco.

a) La potencia es positiva:

$$10^3 = \frac{1}{10^{-3}} \left(= \frac{1}{\frac{1}{1000}} = 1000\right)$$

b) La potencia es negativa:

$$10^{-3} = \frac{1}{10^{-3}} \left(= \frac{1}{1000} = 0{,}001\right)$$

Operaciones con las potencias de base 10

Adición:

$10^3 + 2 \times 10^3 + 3 \times 10^3 + 10^3 = (1 + 2 + 3 + 1) \times 10^3 = 7 \times 10^3 = 7000$

$10^{-3} + 2 \times 10^{-3} + 3 \times 10^{-3} + 10^{-3} = (1 + 2 + 3 + 1) \times 10^{-3} = 7 \times 10^{-3} = 0{,}007$

$10^2 + 2 \times 10^{-3} + 3 \times 10^4 = 100 + 0{,}002 + 30000 = 30100{,}002$

Substracción:

$5 \times 10^3 - 2 \times 10^3 = (5 - 2) \times 10^3 = 3000$ (= 3×10^3)

$4 \times 10^3 - 6 \times 10^2 = 4000 - 600 = 3400$ (= 34×10^2)

Adición y substracción:

$10^3 - 3 \times 10^3 + 6 \times 10^3 - 2 \times 10^3 = (1 - 3 + 6 - 2) \times 10^3 = 2 \times 10^3 = 2000$

$10^5 - 3 \times 10^3 + 6 \times 10^2 - 5 \times 10^4 = 100000 - 3000 + 600 - 50000 = 47600$ (= 476×10^2)

Multiplicación:

El producto de varias potencias de 10 es otra potencia de 10 con exponente igual a la suma de los exponentes de aquellas.

$10^4 \times 10^{-3} \times 10^{-2} \times 10^5 = 10^{4-3-2+5} = 10^4 = 10000$

$2 \times 10^4 \times 5 \times 10^{-3} \times 3 \times 10^2 = 2 \times 5 \times 3 \times 10^{4-3+2} = 30 \times 10^3 = 30000$ (= 3×10^4)

División:

El cociente de varias potencias de 10 es otra potencia de 10 con exponente igual a la diferencia de exponentes de aquellas.

$$10^5 : 10^2 = \frac{10^5}{10^2} = 10^{5-2} = 10^3 = 1000$$

$10^5 : 10^{-2} = 10^{5-(-2)} = 10^7 = 10000000$

$$2 \times 10^4 : 4 \times 10^3 = \frac{2}{4} \times 10^{4-3} = 0{,}5 \times 10^1 = 5$$

RAZONES Y PROGRESIONES

Razones y proporciones

Razón es el cociente de dos números, por ejemplo $\frac{a}{b}$ = a:b; a es el antecedente y b el consecuente.

Proporción es la igualdad de dos razones; por ejemplo $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ o a:b: : c:d

De $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ resulta: $ad = bc$; $\frac{a}{c} = \frac{b}{d}$, $\frac{d}{b} = \frac{c}{a}$, $\frac{d}{c} = \frac{b}{a}$

Media proporcional. – Para $\frac{a}{x} = \frac{x}{b}$, $x = \sqrt{ab}$

Tercera proporcional. – Para $\frac{a}{b} = \frac{b}{x}$, $x = \frac{b^2}{a}$

Cuarta proporcional. – Para $\frac{a}{b} = \frac{c}{x}$, $x = \frac{bc}{a}$

Medias de números

Media aritmética de a, b, c, d, ... $= \frac{a + b + c + d \ldots}{\Sigma\, n}$ (n = número de sumandos)

Para 6, 8, 12 y 18, $m_a = \frac{6 + 8 + 12 + 18}{4} = \frac{44}{4} = 11$

Para a y b, $m_a = \frac{a + b}{2}$ (por ejemplo, a = 4 y b = 16, $m_a = \frac{4 + 16}{2} = 10$)

Media geométrica de a, b, c, d, ... $= \sqrt[n]{a \cdot b \cdot c \cdot d}$ (n = número de factores del radicando)

Para 6, 8, 12 y 18, $m_g = \sqrt[4]{6 \times 8 \times 12 \times 18} = 10{,}09$

Para a y b, $m_g = \sqrt{a \cdot b}$ (por ejemplo, a = 4 y b = 16, $m_g = \sqrt{4 \times 16} = 8$

Media armónica de a, b, c, d, ... $= \frac{n}{\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{c} + \frac{1}{d}}$ (n = número de sumandos del denominador)

Para 6, 8, 12 y 18, $m_h = \frac{4}{\frac{1}{6} + \frac{1}{8} + \frac{1}{12} + \frac{1}{18}} = \frac{4}{\frac{12 + 9 + 6 + 4}{72}} = 9{,}29$

Para a y b, $m_h = \frac{2}{\frac{1}{a} + \frac{1}{b}} = \frac{2ab}{a + b}$ (por ejemplo, a = 4 y b = 16, $m_h = \frac{2 \times 4 \times 16}{4 + 16} = 6{,}4$)

Para dos números, a y b, $m_g = \sqrt{m_a \cdot m_h}$ (por ejemplo, a = 4 y b = 16, $m_g = \sqrt{10 \times 6{,}4} = 8$

Progresiones

Progresión aritmética o por diferencia (creciente o decreciente)

÷ a.a + r.a + 2r.a + 3r. ... a + r (n−1), creciente; ÷ a.a−r.a−2r.a−3r. ... a−r (n−1), decreciente

÷ 2.5.8.11.14 es una progresión aritmética creciente de n = 5 términos; a = 2 es el 1^er^ término.

a_{n-1} = 14 es el 5° término separado n−1 = 5−1 = 4 lugares de a; la razón es r = 3.

Ultimo término $a_{n-1} = a + r(n-1) = 2 + 3(5-1) = 14$; número de términos $n = \frac{a_{n-1} - a}{r} + 1 = \frac{14-2}{3} + 1 = 5$; razón $r = \frac{a_{n-1} - a}{n-1} = \frac{14-2}{5-1} = 3$; suma de términos consecutivos $\Sigma_n = \frac{n(a + a_{n-1})}{2}$

$\left(= \frac{n}{2}\left[2a + (n-1)r\right]\right) = \frac{5 \times (2 + 14)}{2} = 40 \left(= \frac{5}{2}\left[2 \times 2 + (5-1) \times 3\right] = 2{,}5 \times 16 = 40\right)$

Progresión geométrica o por cociente (creciente o decreciente)

$:: a:ar:ar^2:ar^3: \ldots ar^{n-1}$, creciente; $::a:a(-r):a(-r^2):a(-r^3): \ldots a(-r^{n-1})$, decreciente.

:: 2:6:18:54:162 es una progresión geométrica creciente de 5 términos; a = 2 es el 1^er^ término,

a_{n-1} = 162 es el 5° término separado n−1 = 4 lugares de a; la razón es r = 3

$a_{n-1} = ar^{n-1} = 2 \times 3^{5-1} = 162$; $r = \sqrt[n-1]{a_{n-1} : a} = \sqrt[n-1]{162:2} = 3$

$\Sigma_n = \frac{a(r^n - 1)}{r - 1} = \frac{2 \times (3^5 - 1)}{3 - 1} = \frac{2 \times 242}{2} = 242$; $n = \log \frac{a^{n-1}}{a}$

Razones y progresiones	NUMEROS NORMALES (ACOTADO)	TABLA 1. 14

Series de números normales

Los números normales son valores convenientemente redondeados de los términos de series geométricas compuestas de potencias del número 10 y que tienen por razón respectivamente:

$$\sqrt[5]{10}, \quad \sqrt[10]{10}, \quad \sqrt[20]{10}, \quad \sqrt[40]{10}, \quad \sqrt[80]{10}$$

Los valores numéricos que expresan dimensiones técnicas, se elegirán entre los números normales; son dimensiones esenciales:

Diámetro, altura, longitud, superficie, volumen, etc.
En resistencia y peso, las dimensiones características relacionadas con las anteriores.
En máquinas motrices, se elegirán los números normales para potencia, revoluciones, precisión de trabajo, etc.

Los números normales son de aplicación en los casos siguientes:

En medidas de ajuste.
En medidas principales que sean de interés.
En las medidas restantes, siempre que no exista razón fundamental en contra.

En la Tabla que sigue se expresan diámetros normales y medidas constructivas, en mm.

Preferentes			Complementarias		Preferentes			Complementarias		Preferentes			Complementarias	
Serie R_a 5	Serie R_a 10	Serie R_a 20	aprox. serie R 40	Medidas especiales	Serie R_a 5	Serie R_a 10	Serie R_a 20	aprox. serie R 40	Medidas especiales	Serie R_a 5	Serie R_a 10	Serie R_a 20	aprox. serie R 40	Medidas especiales
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	1 1,2	1 1,1 1,2					70	68	72			450		460 470
1,6	1,6	1,4 1,6	1,5			80	80	75	78		500	500	480	490
	2	1,8 2 2,2						85	82 88				530	515 545
2,5	2,5 3	2,5 2,8 3					90	95	92			560	560 600	580
4	4	3,5 4 4,5			100	100	100	105	98	630	630	630	630	615 650
6	5 6	5 5,5 6					110	120	115			710	670 710	690
	8	7 8 9				125	125	130	135				750	730 775
10	10 12	10 11 12					140	150	145		800	800	800 850	825
		14	13 15		160	160	160		155 165			900	900	875 925
16	16	16 18	17				180	170	175	1000	1000	1000	950 1000	975
	20	20	19 21					190	185 195				1060	1030 1090
		22	24	23		200	200 220	210				1120	1120 1180	1150
25	25	25 28	26		250	250	250	240	230		1250	1250	1250	1210 1280
	32	32	30 34				280	260	270			1400	1320 1400	1360
		36	38	35				300	290 310				1500	1450 1550
40	40	40	42	44		315	315	330	320	1600	1600	1600	1600 1700	1650
		45	48	46			355		340 350			1800	1800	1750 1850
	50	50	52	55				380	360 370		2000	2000	1900 2000	1950
		56	60	58	400	400	400		390 410					
63	63	63		62 65				420	430 440					

Con los diámetros normales y medidas constructivas, se reducirá al mínimo el número de herramientas, dispositivos y calibres. Serán de aplicación siempre que no obligue a la elección de otras medidas.

Las medidas de la columna 1 serán preferidas a la de la 2, estas a la de la 3, y éstas a la de la 4.

LOGARITMOS

Base de los logaritmos

Los logaritmos son los términos de una progresión aritmética de razón r que empieza por 0, que corresponde con otra geométrica de razón b (base del sistema) que empieza por 1.

$$\div\ 0.r.2r.3r....$$
$$∺\ 1:b:b^2:b^3\ ...$$

El logaritmo de un número N expresa la potencia x a la que hay que elevar la base b para obtener el número N.

$\log N = b^x$ $(\log_{10} 25 = 1{,}39794\ ;\ 10^{1{,}39794} = 25)$

Sistemas de logaritmos más comunes

Los logaritmos naturales (neperianos o hiperbólicos) de base e = 2,718281828...

$\log_e = \ln N$, ... -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 ... (logaritmos ln)

... e^{-4} e^{-3} e^{-2} e^{-1} 1 e e^2 e^3 e^4 ...(números N)

Los logaritmos decimales (vulgares o de Briggs) de base 10

$\log_{10} N = \log N$, ... -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 ... (logaritmos)

... 10^{-4} 10^{-3} 10^{-2} 10^{-1} 1 10^1 10^2 10^3 10^4 ... (números N)

(-1.0000 -1000 -100 -10 1 10 100 1000 10000...)

Característica es la parte entera del logaritmo, positiva o negativa (igual a las potencias de 10; es 0 de 1 a 10, 1 de 10 a 100, ...) Para números enteros mayores que la unidad, la característica tendrá tantas unidades como cifras tenga la parte entera, menos una (0 para 2,5, 1 para 25, 2 para 250); para números decimales (menores que la unidad) tendrá tantas unidades negativas como ceros tenga la parte decimal, más una (-1 para 0,25, -2 para 0,025, -3 para 0,0025, ...). La característica es positiva para $N > 1$ y negativa si $N < 1$.

Mantisa es la parte decimal que sigue a la característica (a la derecha de la coma); la mantisa siempre es positiva, tanto para los números con enteros, como para fracciones decimales.

Los logaritmos negativos se expresarán con característica negativa y mantisa positiva:

$$\log N = -2{,}60206 = \bar{3}{,}39794$$

Operaciones con logaritmos decimales

Adición. — Todas las mantisas son positivas y las características están afectadas por su signo.

$$\begin{array}{r} 3{,}397940 \\ +\bar{1}{,}432167 \\ +2{,}568778 \\ \hline 5{,}398885 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 3{,}397940 \\ +\bar{8}{,}432167 \\ +2{,}568778 \\ \hline \bar{2}{,}398885 \end{array}$$

Sustracción. — La característica del substraendo se considera con signo contrario; si para restar la mantisa se toma una unidad de la característica, se añadirá 1 a la del substraendo.

$$\begin{array}{r} 3{,}397940 - 4{,}832828 \\ 3{,}397940 \\ -4{,}832828 \\ \hline \bar{2}{,}565112 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 3{,}397940 - \bar{4}{,}832828 \\ 3{,}397940 \\ -\bar{4}{,}832828 \\ \hline 2{,}565112 \end{array}$$

Multiplicación.— Si resultan unidades en el producto de las mantisas, se sumarán al producto de las características.

$$\begin{array}{lr} 4{,}832838 \times 3{,}2\ ;\ 3{,}2 \times 4 & = 12{,}8 \\ 3{,}2 \times 0{,}832838 & = 2{,}6650816 \\ \hline & 15{,}4650816 \end{array} \qquad \begin{array}{lr} \bar{4}{,}832838 \times 3{,}2\ ;\ 3{,}2 \times \bar{4} & = -12{,}8 \\ 3{,}2 \times 0{,}832838 & = 2{,}6650816 \\ \hline & \bar{1}\bar{1}{,}8650816 \end{array}$$

División.— Si la característica es negativa y no divisible por el divisor, se aumentará el número de unidades negativas para que lo sea, y la mantisa se aumentará en el mismo número de unidades positivas.

$$15{,}4650816 : 3{,}2 = 4{,}832838$$

$$\begin{array}{l} \bar{1}\bar{1}{,}8650816 : 3{,}2 \\ -11 + (-1{,}8) = -12{,}8;\ 0{,}8650816 + 1{,}8 = 2{,}6650816 \\ -12{,}8 : 3{,}2 \qquad = \bar{4} \\ \quad 2{,}6650816 : 3{,}2 = 0{,}832838 \\ \hline \qquad\qquad \bar{4}{,}832838 \end{array}$$

APLICACION DE LOS LOGARITMOS

Propiedad de los logaritmos

El logaritmo de un producto es igual a la suma de logaritmos de los factores

$$\log ab = \log a + \log b$$

El logaritmo de un cociente es igual al logaritmo del dividendo o numerador, menos el logaritmo del divisor o denominador.

$$\log a : b = \log \frac{a}{b} = \log a - \log b$$

El logaritmo de una potencia es igual al producto del exponente, por el de la base de la potencia.

$$\log a^n = n \cdot \log a$$

El logaritmo de una raiz es igual al logaritmo del radicando, dividido por el índice de la raíz.

$$\log \sqrt[n]{a} = \log a : n$$

Utilización de las tablas de los logaritmos naturales

La mantisa de 4 es igual a la de 40, a la de 400,... = 0,60206

Log de 156

Característica (tres unidades menos una) 2,
Mantisa (directamente en las Tablas) . . . . ,19312
log 156 = 2,19312

Log de 1,56 (característica una unidad, menos una) 0,19312
Log de 0,00156 (característica negativa de dos unidades, más una) $\bar{3}$,19312

Log de 15660; la mantisa está comprendida entre los números 156 y 157 de la Tabla.

Log 15600 . . . . . . 4,19312 . . . . . 15600 4,19312
Log 15700 . . . . . . 4,19590 ; N = 15660 ; $X = \frac{278 \times 60}{100}$ = . . . 169
dif. 100: 278 :: 60 : X
log 15660 = 4,19481

(El logaritmo de 15660 que figura en Tablas que contienen a este número, es de 4,194792)

log N = 2,19312 (N tiene tres cifras de enteros, dos por característica, más una)

Directamente en la Tabla, para mantisa 19312 . . . . N = 156
Log N = 0,19312 (N tiene una cifra de enteros, cero por característica, más una) . . . . N = 1,56
Log N = $\bar{3}$,19312 (N tiene dos ceros en la parte decimal, tres por característica, menos uno . . N = 0,00156

Log N = 4,19479 (N tiene cinco cifras de enteros, cuatro por característica, más una); la mantisa está comprendida entre la de los números 156 y 157 de la Tabla.

Mantisa de N = 156 . . . . , 19312 . . . . . log 15600 = 4,19312 15600
Mantisa de N = 157 . . . . , 19590 . . . . . log N . . . . = $\frac{4,19479}{167}$, $X = \frac{167 \times 10}{278}$ = . 60
Difer. 10 : 278 ::X: . . . . N = 15660

Log N = 0,19479 (una cifra de enteros, cero por característica, más una) . . . . N = 1,566
Log N = $\bar{3}$,19479 (dos ceros en la parte decimal, tres por característica, menos uno) . N= 0,001566

Razones y progresiones	MANTISA DE LOGARITMOS DECIMALES Nos 1 a 5 y 10 a 599	TABLA 2, . 14

Nº	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	00000	00432	00860	01284	01703	02119	02531	02938	03342	03743
110	04139	04532	04922	05308	05690	06070	06446	06819	07188	07555
120	07918	08279	08636	08991	09342	09691	10037	10380	10721	11059
130	11394	11727	12057	12385	12710	13033	13354	13672	13988	14301
140	14613	14922	15229	15534	15836	16137	16435	16732	17026	17319
150	17609	17898	18184	18469	18752	19033	19312	19590	19866	20140
160	20412	20683	20952	21219	21484	21748	22011	22272	22531	22789
170	23045	23300	23553	23805	24055	24304	24551	24797	25042	25285
180	25527	25768	26007	26245	26482	26717	26951	27184	27416	27646
190	27875	28103	28330	28556	28780	29003	29226	29447	29667	29885
200	30103	30320	30535	30750	30963	31175	31387	31597	31806	32015
210	32222	32428	32634	32838	33041	33244	33445	33646	33846	34044
220	34242	34439	34635	34830	35025	35218	35411	35603	35793	35984
230	36173	36361	36549	36736	36922	37107	37291	37475	37658	37840
240	38021	38202	38382	38561	38739	38917	39094	39270	39445	39620
250	39794	39967	40140	40312	40483	40654	40824	40993	41162	41330
260	41497	41664	41830	41996	42160	42325	42488	42651	42813	42975
270	43136	43297	43457	43616	43775	43933	44091	44248	44404	44560
280	44716	44871	45025	45179	45332	45484	45637	45788	45939	46090
290	46240	46389	46538	46687	46835	46982	47129	47276	47422	47567
300	47712	47857	48001	48144	48287	48430	48572	48714	48855	48996
310	49136	49276	49415	49554	49693	49831	49969	50106	50243	50379
320	50515	50651	50786	50920	51055	51188	51322	51455	51587	51720
330	51851	51983	52114	52244	52375	52504	52634	52763	52892	53020
340	53148	53275	53403	53529	53656	53782	53908	54033	54158	54283
350	54407	54531	54654	54777	54900	55023	55145	55267	55388	55509
360	55630	55751	55871	55991	56110	56229	56348	56467	56585	56703
370	56820	56937	57054	57171	57287	57403	57519	57634	57749	57864
380	57978	58092	58206	58320	58433	58546	58659	58771	58883	58995
390	59106	59218	59329	59439	59550	59660	59770	59879	59988	60097
400	60206	60314	60423	60531	60638	60746	60853	60959	61066	61172
410	61278	61384	61490	61595	61700	61805	61909	62014	62118	62221
420	62325	62428	62531	62634	62737	62839	62941	63043	63144	63246
430	63347	63448	63548	63649	63749	63849	63949	64048	64147	64246
440	64345	64444	64542	64640	64738	64836	64933	65031	65128	65225
450	65321	65418	65514	65610	65706	65801	65896	65992	66087	66181
460	66276	66370	66464	66558	66652	66745	66839	66932	67025	67117
470	67210	67302	67394	67486	67578	67669	67761	67852	67943	68034
480	68124	68215	68305	68395	68485	68574	68664	68753	68842	68931
490	69020	69108	69197	69285	69373	69461	69548	69636	69723	69810
500	69897	69984	70070	70157	70243	70329	70415	70501	70586	70672
510	70757	70842	70927	71012	71096	71181	71265	71349	71433	71517
520	71600	71684	71767	71850	71933	72016	72099	72181	72263	72346
530	72428	72509	72591	72673	72754	72835	72916	72997	73078	73159
540	73239	73320	73400	73480	73560	73640	73719	73799	73878	73957
550	74036	74115	74194	74273	74351	74429	74507	74586	74663	74741
560	74819	74896	74974	75051	75128	75205	75282	75358	75435	75511
570	75587	75664	75740	75815	75891	75967	76042	76118	76193	76268
580	76343	76418	76492	76567	76641	76716	76790	76864	76938	77012
590	77085	77159	77232	77305	77379	77452	77525	77597	77670	77743

PRODUCTO DE DOS CANTIDADES. - N = 2460 x 250

Log 2460 3,39094
Log 250 2,39794

Log N . . . . = 5,58888   En las Tablas, la mantisa 58888 corresponde a 615; N = 615000

COCIENTE DE DOS CANTIDADES. - 614 000:251

Log 614000 5,78817
Log 251 2,39967

Log N . . . . 3,38850; la mantisa está comprendida entre la de 244 y 245.
Log 2440 . . . . . . 3,38739 . . . . 3,38739 2440

Log 2450 . . . . . 3,38917 . . . . . Log N . . 3,88850 ; $x = \frac{10 \times 111}{178} = 6$
Difer. 10: 178.: X: 111   N = 2446

MANTISA DE LOGARITMOS DECIMALES
Nos 6 a 10 y 600 a 1099

Nº	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
600	77815	77887	77960	78032	78104	78176	78247	78319	78390	78462
610	78533	78604	78675	78746	78817	78888	78958	79029	79099	79169
620	79239	79309	79379	79449	79518	79588	79657	79727	79796	79865
630	79934	80003	80072	80140	80209	80277	80346	80414	80482	80550
640	80618	80686	80754	80821	80889	80956	81023	81090	81158	81224
650	81291	81358	81425	81491	81558	81624	81690	81757	81823	81889
660	81954	82020	82086	82151	82217	82282	82347	82413	82478	82543
670	82607	82672	82737	82802	82866	82930	82995	83059	83123	83187
680	83251	83315	83378	83442	83506	83569	83632	83696	83759	83822
690	83885	83948	84011	84073	84136	84198	84261	84323	84386	84448
700	84510	84572	84634	84696	84757	84819	84880	84942	85003	85065
710	85126	85187	85248	85309	85370	85431	85491	85552	85612	85673
720	85733	85794	85854	85914	85974	86034	86094	86153	86213	86273
730	86332	86392	86451	86510	86570	86629	86688	86747	86806	86864
740	86923	86982	87040	87099	87157	87216	87274	87332	87390	87448
750	87506	87564	87622	87679	87737	87795	87852	87910	87967	88024
760	88081	88138	88195	88252	88309	88366	88423	88480	88536	88593
770	88649	88705	88762	88818	88874	88930	88986	89042	89098	89154
780	89209	89265	89321	89376	89432	89487	89542	89597	89653	89708
790	89763	89818	89873	89927	89982	90037	90091	90146	90200	90255
800	90309	90363	90417	90472	90526	90580	90634	90687	90741	90795
810	90849	90902	90956	91009	91062	91116	91169	91222	91275	91328
820	91381	91434	91487	91540	91593	91645	91698	91751	91803	91855
830	91908	91960	92012	92065	92117	92169	92221	92273	92324	92376
840	92428	92480	92531	92583	92634	92686	92737	92788	92840	92891
850	92942	92993	93044	93095	93146	93147	93247	93298	93349	93399
860	93450	93500	93551	93601	93651	93702	93752	93802	93852	93902
870	93952	94002	94052	94101	94151	94201	94250	94300	94349	94399
880	94448	94498	94547	94596	94645	94694	94743	94792	94841	94890
890	94939	94988	95036	95085	95134	95182	95231	95279	95328	95376
900	95424	95472	95521	95569	95617	95665	95713	95761	95809	95856
910	95904	95952	95999	96047	96095	96142	96190	96237	96284	96332
920	96379	96426	96473	96520	96567	96614	96661	96708	96755	96802
930	96848	96895	96942	96988	97035	97081	97128	97174	97220	97267
940	97313	97359	97405	97451	97497	97543	97589	97635	97681	97727
950	97772	97818	97864	97909	97955	98000	98046	98091	98137	98182
960	98227	98272	98318	98363	98408	98453	98498	98543	98588	98632
970	98677	98722	98767	98811	98856	98900	98945	98989	99034	99078
980	99123	99167	99211	99255	99300	99344	99388	99432	99476	99520
990	99564	99607	99651	99695	99739	99782	99826	99870	99913	99957
1000	00000	00043	00087	00130	00173	00217	00260	00303	00346	00389
1010	00432	00475	00518	00561	00604	00647	00689	00732	00775	00817
1020	00860	00903	00945	00988	01030	01072	01115	01157	01199	01242
1030	01284	01326	01368	01410	01452	01494	01536	01578	01620	01662
1040	01703	01745	01787	01828	01870	01912	01953	01995	02036	02078
1050	02119	02160	02202	02243	02284	02325	02366	02408	02449	02490
1060	02531	02572	02612	02653	02694	02735	02776	02816	02857	02898
1070	02938	02979	03020	03060	03100	03141	03181	03222	03262	03302
1080	03342	03383	03423	03463	03503	03543	03583	03623	03663	03703
1090	03743	03783	03822	03862	03902	03941	03981	04021	04060	04100

POTENCIA DE UNA CANTIDAD. - $2{,}75^6$

Log 2,75 . . . = 0,43933; 0,43933 x 6 = 2,63598. La mantisa ,63598 está comprendida entre la de los números 432 y 433.

Log 432 . . . 2,63548 . . . . 2,63548 432

Log 433 . . . 2,63649 Log N . . . . 2,63598 ; $x = \frac{50 \times 1}{101}$ . . . . = 0,5

Dif. 1: 101::X: 50 N = 432,5

RAIZ DE UNA CANTIDAD. - $\sqrt[6]{432{,}5}$

Log 432,5 = 2,63598; 2,63598 : 6 = 0,43933

La mantisa, 43933 corresponde según las Tablas al número 275; N = 2,75

Figuras geométricas	DESARROLLO DEL OVALO

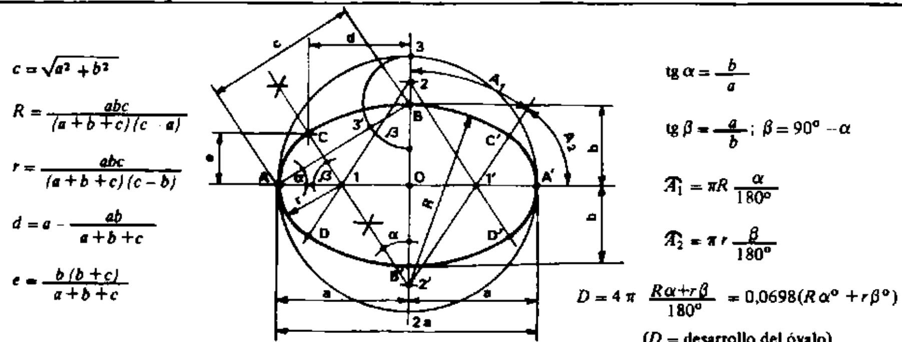
$c = \sqrt{a^2 + b^2}$

$R = \dfrac{abc}{(a+b+c)(c-a)}$

$r = \dfrac{abc}{(a+b+c)(c-b)}$

$d = a - \dfrac{ab}{a+b+c}$

$e = \dfrac{b\,(b+c)}{a+b+c}$



$\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{b}{a}$

$\operatorname{tg}\beta = \dfrac{a}{b}$; $\beta = 90^\circ - \alpha$

$\overline{A_1} = \pi R \dfrac{\alpha}{180^\circ}$

$\overline{A_2} = \pi r \dfrac{\beta}{180^\circ}$

$D = 4\pi \dfrac{R\alpha + r\beta}{180^\circ} = 0{,}0698(R\alpha^\circ + r\beta^\circ)$

(D = desarrollo del óvalo).

Aplicación: Ovalo con $a = 5{,}0$m y $b = 3{,}2$m.

$c = \sqrt{5{,}0^2 + 3{,}2^2} = 5{,}94$m; $R = \dfrac{5{,}0 \times 3{,}2 \times 5{,}94}{(5{,}0 + 3{,}2 + 5{,}94)(5{,}94 - 5{,}0)} = 7{,}15$m; $r = \dfrac{5{,}3 \times 3{,}2 \times 5{,}94}{(5{,}0 + 3{,}2 + 5{,}94)(5{,}94 - 3{,}2)} = 2{,}45$m;

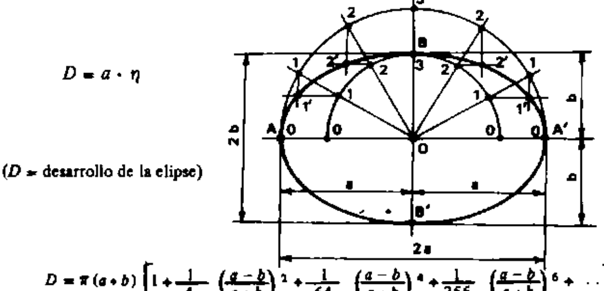
$d = 5{,}0 - \dfrac{5{,}0 \times 3{,}2}{5{,}0 + 3{,}2 + 5{,}94} = 3{,}87$m; $e = \dfrac{3{,}2\,(3{,}2 + 5{,}94)}{5{,}0 + 3{,}2 + 5{,}94} = 2{,}07$m; $\operatorname{tg}\alpha = \dfrac{3{,}2}{5{,}0} = 0{,}64$, $\alpha = 32{,}62^\circ$; $\beta = 57{,}38^\circ$

Desarrollo, $D = 0{,}0698 \times (7{,}15 \times 32{,}62 + 2{,}45 \times 57{,}38) = 26{,}09$m.

Figuras geométricas	DESARROLLO DE LA ELIPSE	TABLA 3. 14

$D = a \cdot \eta$

(D = desarrollo de la elipse)



$\mu = \dfrac{b}{a}$

(Valores de η en la Tabla)

$D = \pi(a+b)\left[1 + \dfrac{1}{4}\left(\dfrac{a-b}{a+b}\right)^2 + \dfrac{1}{64}\left(\dfrac{a-b}{a+b}\right)^4 + \dfrac{1}{256}\left(\dfrac{a-b}{a+b}\right)^6 + \ldots\right]$, para $\dfrac{b}{a} = \mu$, $D = a\eta$

TABLA 1-2

μ	η	μ	η	μ	η	μ	η	μ	η	μ	η	μ	η	μ	η	μ	η	μ	η
0,00	4,0000	0,10	4,0640	0,20	4,2020	0,30	4,3859	0,40	4,6026	0,50	4,8442	0,60	5,1054	0,70	5,3824	0,80	5,6723	0,90	5,9732
01	0011	11	0752	21	2186	31	4062	41	6258	51	8695	61	1324	71	4108	81	7020	91	6,0038
02	0038	12	0870	22	2356	32	4268	42	6492	52	8950	62	1596	72	4394	82	7317	92	0346
03	0078	13	0994	23	2531	33	4479	43	6728	53	9207	63	1870	73	4681	83	7615	93	0653
04	0131	14	1125	24	2710	34	4692	44	6966	54	9466	64	2146	74	4969	84	7916	94	0962
05	0184	15	1261	25	2892	35	4908	45	7207	55	9726	65	2421	75	5258	85	8216	95	1271
06	0267	16	1403	26	3078	36	5126	46	7450	56	9988	66	2699	76	5549	86	8516	96	1582
07	0348	17	1550	27	3268	37	5347	47	7695	57	5,0252	67	2978	77	5841	87	8819	97	1893
08	0438	18	1702	28	3462	38	5571	48	7942	58	0518	68	3259	78	6134	88	9122	98	2206
09	0535	19	1859	29	3659	39	5797	49	8191	59	0786	69	3541	79	6428	89	9426	99	2518

Aplicación

1º Desarrollo de una elipse cuyos semiejes miden, $a = 5{,}0$ m y $b = 3{,}2$ m.

$\mu = \dfrac{3{,}2}{5{,}0} = 0{,}64$; para 0,64, $\eta = 5{,}2145$. Desarrollo $D = 5{,}2145 \times 5{,}0 = 26{,}07$ m.

2º Desarrollo de una elipse cuyos ejes miden $2a = 1.850$ mm y $2b = 876$ mm.

$\mu = 876 / 1.850 = 0{,}4735$; η está comprendido entre 4,7695 y 4,7942 (μ = 0,47 y 0,48)

	$\mu = 0{,}47$, $\eta = 4{,}7695$	0,47		$\mu = 0{,}47$, $\eta = 4{,}7695$
	$\mu = 0{,}48$ $\eta = 4{,}7942$	0,4735	$x = \dfrac{247 \times 35}{100} = 86{,}45$	$\mu = 35$, $\eta = 86$
Dif.	0,01 247	0,0035		0,4735, $\eta = 4{,}7781$

Desarrollo $D = 4{,}7781 \times 1.850 / 2 = 4.420$ mm.

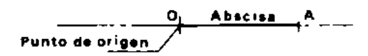
SISTEMAS DE COORDENADAS

Definición

El término de coordenadas se aplica a las líneas que sirven para determinar la posición de un punto, y a los ejes o planos que se refieren a estas líneas.

Coordenadas cartesianas

Establecido sobre una recta un punto 0 como origen de coordenadas, la posición de todo punto A situado sobre esta recta queda definido por su distancia o abscisa al punto de origen; la abscisa es positiva cuando está situada a la derecha del punto de origen y negativa cuando está a la izquierda.

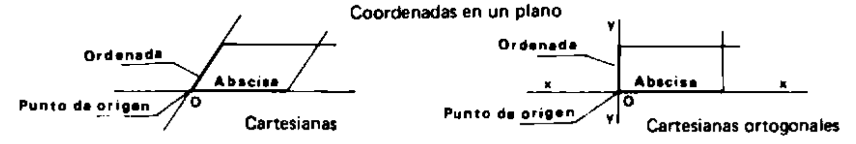


Coordenadas en una recta

Si sobre un plano se fijan dos rectas que se cortan, o ejes cartesianos, la posición de un punto cualquiera A queda difinido por sus distancias al punto de intersección de los ejes, o punto de origen 0, medidas paralelamente a los ejes; una de las distancias es la abscisa y la otra la ordenada. El eje sobre el que se miden las abscisas es el eje x, y el de las ordenadas el y.

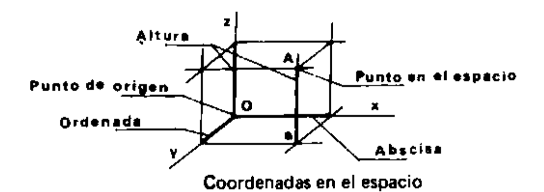
Cuando los ejes se cortan perpendicularmente se da lugar al sistema de coordenadas cartesianas ortogonales; las abscisas son positivas cuando se hallan situadas a la derecha del eje y-y y negativas las situadas a la izquierda, y las ordenadas son positivas cuando se hallan en la parte inferior del eje x-x y negativas cuando se encuentran sobre el (véase valores de coordenadas cartesianas ortogonales en las Tablas 9_1 .1 y 9_2 .1).

Coordenadas en un plano



Cartesianas — Cartesianas ortogonales

Finalmente, si un punto se halla en el espacio, su posición queda definida por sus coordenadas y por su altura; el eje sobre la que la altura se define, se señala como eje z-z.

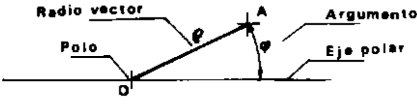


Coordenadas en el espacio

Coordenadas polares

La posición de un punto situado en un plano también puede definirse por su distancia ϱ o radio vector desde el punto A al punto de origen o polo 0 situado sobre una semirecta o eje polar, y por su argumento o ángulo φ que el radio vector forma con el eje polar. Los valores de φ se toman en sentido contrario al movimiento de las agujas del reloj.

Esta definición de la posición de un punto constituye el sistema de coordenadas polares.



Coordenadas polares

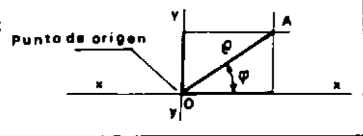
Relación entre los sistemas de coordenadas

Paso de las coordenadas cartesianas ortogonales a las polares:

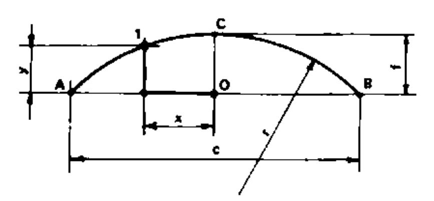
$$\varrho = \sqrt{x^2 + y^2} \;;\; \mathrm{tg}\ \varphi = \frac{x}{y}$$

Paso de coordenadas polares a cartesianas ortogonales:

$$x = \varrho \cos \varphi \;;\; y = e \operatorname{sen} \varphi$$



TRAZADO DE ARCOS DE CIRCUNFERENCIA POR COORDENADAS



DATOS. — Cuerda c y flecha f.

$$r = \frac{c^2}{8f} + \frac{f}{2}$$

A la abscisa x le corresponde una ordenada de valor $y = f - r + \sqrt{r^2 - x^2}$

Aplicación. — Determinación de coordenadas para el trazado de un arco de 20,0 m de cuerda y 3,0 m de flecha.

$$r = \frac{20{,}0^2}{8 \times 3{,}0} + \frac{3{,}0}{2} = 18{,}167 \text{ m.}$$

La cuerda se dividirá en un número de partes iguales, conveniente para el trazado del arco, por ejemplo, 20 en este caso.

Para $x = \frac{20{,}0}{20} = 1{,}0\text{m}, \; y = 3{,}0 - 18{,}167 + \sqrt{r^2 - x^2} = -15{,}167 + \sqrt{r^2 - x^2}$

$x_1 = 1{,}0 \times 1 = 1{,}0$ m, $y_1 = -15{,}167 + \sqrt{18{,}167^2 - 1{,}0^2} = 2{,}972$ m.

$x_2 = 1{,}0 \times 2 = 2{,}0$ m, $y_2 = -15{,}167 + \sqrt{18{,}167^2 - 2{,}0^2} = 2{,}890$ m.

$x_3 = 1{,}0 \times 3 = 3{,}0$ m, $y_3 = -15{,}167 + \sqrt{18{,}167^2 - 3{,}0^2} = 2{,}751$ m.

$x_4 = 1{,}0 \times 4 = 4{,}0$ m, $y_4 = -15{,}167 + \sqrt{18{,}167^2 - 4{,}0^2} = 2{,}554$ m.

$x_5 = 1{,}0 \times 5 = 5{,}0$ m, $y_5 = -15{,}167 + \sqrt{18{,}167^2 - 5{,}0^2} = 2{,}298$ m.

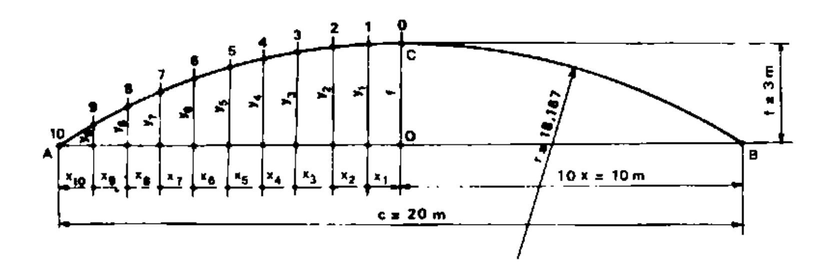
$x_6 = 1{,}0 \times 6 = 6{,}0$ m, $y_6 = -15{,}167 + \sqrt{18{,}167^2 - 6{,}0^2} = 1{,}981$ m.

$x_7 = 1{,}0 \times 7 = 7{,}0$ m, $y_7 = -15{,}167 + \sqrt{18{,}167^2 - 7{,}0^2} = 1{,}597$ m.

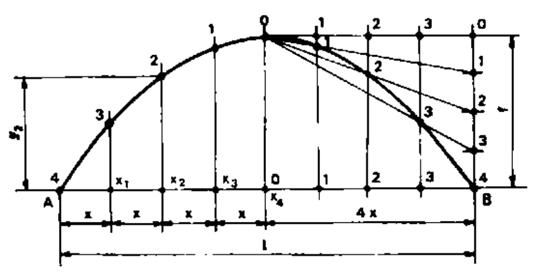
$x_8 = 1{,}0 \times 8 = 8{,}0$ m, $y_8 = -15{,}167 + \sqrt{18{,}167^2 - 8{,}0^2} = 1{,}144$ m.

$x_9 = 1{,}0 \times 9 = 9{,}0$ m, $y_9 = -15{,}167 + \sqrt{18{,}167^2 - 9{,}0^2} = 0{,}614$ m.

$x_{10} = 1{,}0 \times 10 = 10$ m, $y_{10} = -15{,}167 + \sqrt{18{,}167^2 - 10{,}0^2} = 0{,}000$ m.



TRAZADO DE LA PARABOLA POR COORDENADAS



A la abscisa x corresponde la ordenada $y = 4f\,\frac{x}{l}\,(1-\frac{x}{l})$

Aplicación. — En un arco parabólico de 20,0 m de luz y 3,0 m de flecha, a una abscisa x = 5,0 m le corresponderá una ordenada $y = 4 \times 3{,}0 \times \frac{5{,}0}{20{,}0} \times (1-\frac{5{,}0}{20{,}0}) = 2{,}25$ m.

Dividiendo l en N tramos iguales de valor $x = \frac{l}{N}$, para n_x tramos $y_{nx} = 4f\;\frac{n_x\,(N-n_x)}{N^2} = f\eta$; en la tabla que sigue, figura valores de η para $\frac{l}{N} = 4$ a 30 x.

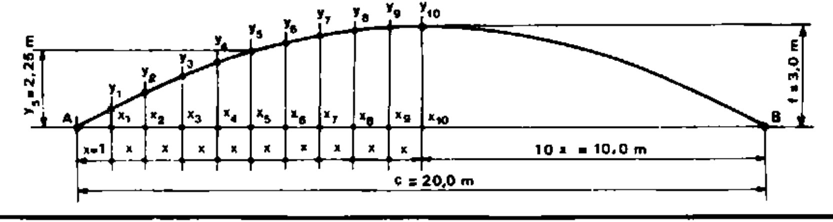
Nº de tramos	Factores η para el cálculo de las ordenadas y_{nx} en el extremo del tramo															Nº de tramos
N	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	N
4	0,750	1,000	–													4
6	0,556	0,889	1,000	–												6
8	0,438	0,750	0,938	1,000	–											8
10	0,360	0,640	0,840	0,960	1,000	–										10
12	0,306	0,556	0,750	0,889	0,972	1,000	–									12
14	0,265	0,490	0,673	0,816	0,918	0,980	1,000	–								14
16	0,234	0,438	0,609	0,750	0,859	0,938	0,984	1,000	–							16
18	0,210	0,395	0,556	0,691	0,802	0,889	0,951	0,988	1,000	–						18
20	0,190	0,360	0,510	0,640	0,750	0,840	0,910	0,960	0,990	1,000	–					20
22	0,174	0,331	0,471	0,595	0,702	0,793	0,867	0,926	0,967	0,992	1,000	–				22
24	0,160	0,306	0,438	0,556	0,660	0,750	0,826	0,889	0,938	0,972	0,993	1,000	–			24
26	0,148	0,284	0,408	0,521	0,621	0,710	0,787	0,852	0,905	0,947	0,976	0,994	1,000	–		26
28	0,138	0,265	0,383	0,490	0,587	0,673	0,750	0,816	0,872	0,918	0,954	0,980	0,995	1,000	–	28
30	0,129	0,249	0,360	0,462	0,556	0,640	0,716	0,782	0,840	0,889	0,929	0,960	0,982	0,996	1,000	30

Aplicación.— Abscisas y ordenadas para el trazado de un arco parabólico de 20,0 m de luz y 3,0 m de flecha.

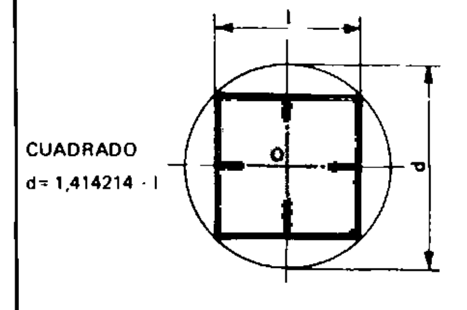
Considerando la luz l dividida en N = 20 tramos, para $x = \frac{20{,}0}{20} = 1{,}0$m resulta:

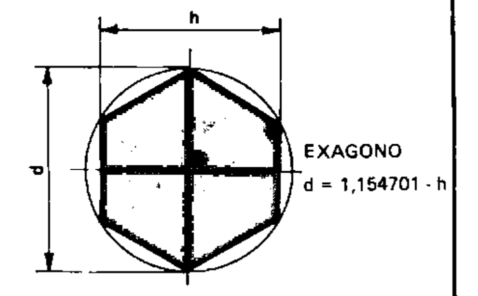
$x_1 = 1{,}0 \times 1 = 1{,}0$m, $y_1 = 3{,}0 \times 0{,}190 = 0{,}570$m.
$x_2 = 1{,}0 \times 2 = 2{,}0$m, $y_2 = 3{,}0 \times 0{,}360 = 1{,}080$m.
$x_3 = 1{,}0 \times 3 = 3{,}0$m. $y_3 = 3{,}0 \times 0{,}510 = 1{,}530$m.
$x_4 = 1{,}0 \times 4 = 4{,}0$m, $y_4 = 3{,}0 \times 0{,}640 = 1{,}920$m.
$x_5 = 1{,}0 \times 5 = 5{,}0$m, $y_5 = 3{,}0 \times 0{,}750 = 2{,}250$m.

$x_6 = 1{,}0 \times 6 = 6{,}0$m, $y_6 = 3{,}0 \times 0{,}840 = 2{,}52$ m.
$x_7 = 1{,}0 \times 7 = 7{,}0$m, $y_7 = 3{,}0 \times 0{,}910 - 2{,}73$ m.
$x_8 = 1{,}0 \times 8 = 8{,}0$m, $y_8 = 3{,}0 \times 0{,}960 = 2{,}88$ m.
$x_9 = 1{,}0 \times 9 = 9{,}0$m, $y_9 = 3{,}0 \times 0{,}990 = 2{,}97$ m.
$x_{10} = 1{,}0 \times 10 = 10{,}0$m, $y_{10} = 3{,}0 \times 1{,}000 - 3{,}00$ m.



Polígonos en la circunferencia	***DIAMETRO DE LA CIRCUNFERENCIA PARA CUADRADOS Y EXAGONOS INSCRITOS***	TABLA 5.14





l · h	Cuadrado ϕ	Exágono ϕ	l · h	Cuadrado ϕ	Exágono ϕ	l · h	Cuadrado ϕ	Exágono ϕ
1	1,4142	1,1547	22	31,1127	25,4034	56	79,1960	64,6632
2	2,8284	2,3094	23	32,5269	26,5581	58	82,0244	66,9726
3	4,2426	3,4641	24	33,9411	27,7128	60	84,8528	69,2820
4	5,6569	4,6188	25	35,3553	28,8675	62	87,6812	71,5914
5	7,0711	5,7735	26	36,7696	30,0222	63	89,0955	72,7461
6	8,4853	6,9282	28	39,5980	32,3316	65	91,9239	75,0555
7	9,8995	8,0829	30	42,4264	34,6410	68	96,1665	78,5196
8	11,3137	9,2376	32	45,2548	36,9504	70	98,9949	80,8290
9	12,7279	10,3923	34	48,0833	39,2598	72	101,823	83,1384
10	14,1421	11,5470	35	49,4975	40,4145	75	106,066	86,6025
11	15,5563	12,7017	36	50,9117	41,5692	78	110,309	90,0666
12	16,9706	13,8564	38	53,7401	43,8786	80	113,137	92,3760
13	18,3848	15,0111	40	56,5685	46,1880	82	115,966	94,6854
14	19,7990	16,1658	42	59,3970	48,4974	85	120,208	98,1495
15	21,2132	17,3205	44	62,2254	50,8068	88	124,451	101,614
16	22,6274	18,4752	45	63,6396	51,9615	90	127,279	103,923
17	24,0416	19,6299	46	65,0538	53,1162	92	130,108	106,232
18	25,4558	20,7846	48	67,8823	55,4256	95	134,350	109,697
19	26,8701	21,9393	50	70,7107	57,7350	98	138,593	113,161
20	28,2843	23,0940	52	73,5391	60,0444	100	141,421	115,470
21	29,6985	24,2487	55	77,7817	63,5085			
	mm	mm		mm	mm		mm	mm
1/8"	4,4901	3,6662	3/4"	26,9408	21,9970	2 1/2"	89,8026	73,3235
1/4"	8,9802	7,3323	7/8"	31,4309	25,6632	3	107,7631	87,9882
3/8"	13,4704	10,9985	1"	35,9210	29,3294	3 1/2"	125,7236	102,6529
1/2"	17,9605	14,6647	1 1/2"	53,8815	43,9941	4"	143,6841	117,3176
5/8"	22,4506	18,3309	2"	71,8420	58,6588	5"	179,6051	146,6470

Aplicación

Diámetro para cuadrado de 41,275 mm de lado

41 . . . = 57,9828
27 . = 381838
5 = 70711

Diámetro para 41,275 = 58,3717091 mm
También, d = 41,275 × 1,414214 = 58,371682 mm.

Diámetro para cuadrado de 1 5/8" de lado

1" . . . . = 35,9210
5/8" = 22,4506

Diámetro para 1 5/8" · · · · · · = 58,3716

(1 5/8" = 41,275 mm)

Diámetro para inscribir un exágono de 25 de altura (milímetros, metros, pulgadas, etc.)
Según la Tabla, d = 28,8675 (milímetros, metros, pulgadas, etc.)

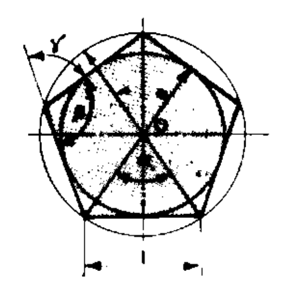
Polígonos en la circunferencia	*RELACIONES LINEALES Y SUPERFICIE DE POLIGONOS REGULARES*	TABLA 6. 14

$\alpha = \dfrac{360}{n}$

$\beta = 180 - \gamma;\ \Sigma_\beta = 180 \cdot (n-2)$

$\gamma = 180 - \beta;\ \Sigma_\gamma = 360°$

n, número de lados



$A = \dfrac{a \cdot l}{2} \cdot n$

$l = 2 \cdot \sqrt{r^2 - a^2}$

$a = \sqrt{r^2 - \dfrac{l^2}{4}}$

$r = \sqrt{a^2 + \dfrac{l^2}{4}}$

Nº de lados	Angulo central	Factor, radio r			Factor, lado l			Factor, apotema a		
		$l = 2r \cdot \operatorname{sen}\frac{\alpha}{2}$	$a = r \cos\frac{\alpha}{2}$	$A = r^2 \operatorname{sen}\frac{\alpha}{2} \cdot \cos\frac{\alpha}{2} \cdot n$	$r = \frac{l}{2 \operatorname{sen}\frac{\alpha}{2}}$	$a = \frac{l}{2 \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}}$	$A = \frac{l}{4 \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}} \cdot n$	$l = 2a \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2}$	$r = \frac{a}{\cos\frac{\alpha}{2}}$	$A = a^2 \operatorname{tg}\frac{\alpha}{2} \cdot n$
n	α	l	a	A	r	a	A	l	r	A
3	120	1,73205	0,50000	1,29904	0,57735	0,28868	0,43301	3,46410	2,00000	5,19615
4	90	1,41421	0,70701	2,00000	0,70711	0,50000	1,00000	2,00000	1,41421	4,00000
5	72	1,17557	0,80902	2,37764	0,85065	0,68819	1,72048	1,45309	1,23607	3,63271
6	60	1,00000	0,86603	2,59808	1,00000	0,86603	2,59808	1,15470	1,15470	3,46410
7	360/7	0,86777	0,90097	2,73641	1,15238	1,03826	3,63391	0,96315	1,10992	3,37102
8	45	0,76537	0,92388	2,82843	1,30656	1,20711	4,82843	0,82843	1,08239	3,31371
9	40	0,68404	0,93969	2,89254	1,46190	1,37374	6,18182	0,72794	1,06418	3,27573
10	36	0,61803	0,95106	2,93893	1,61803	1,15884	7,69421	0,64984	1,05146	3,24920
12	30	0,51764	0,96593	3,00000	1,93185	1,86603	11,19615	0,53590	1,03528	3,21539
15	24	0,41582	0,97815	3,05053	2,40487	2,35232	17,64236	0,42511	1,02234	3,18835
16	22,5	0,39018	0,98079	3,06147	2,56292	2,51367	20,10936	0,39783	1,01959	3,18260
18	20	0,34730	0,98481	3,07818	2,87939	2,83564	25,52077	0,35265	1,01543	3,17389
20	18	0,31287	0,98769	3,09017	3,19623	3,15688	31,56876	0,31677	1,01247	3,16769
24	15	0,26105	0,99145	3,10583	3,83065	3,79788	45,57452	0,26331	1,00863	3,15966
30	12	0,20906	0,99452	3,11868	4,78339	4,75718	71,35773	0,21021	1,00551	3,15313
32	11,25	0,19603	0,99519	3,12145	5,10115	5,07659	81,22536	0,19698	1,00484	3,15173
36	10	0,17431	0,99620	3,12567	5,73686	5,71503	102,8705	0,17498	1,00382	3,14959
40	9	0,15692	0,99692	3,12869	6,37275	6,35310	127,0620	0,15740	1,00309	3,14807

Aplicación:

a) Lado y área de un pentágono inscrito en una circunferencia de 1,26 km de radio
$l = 1{,}17557 \cdot r = 1{,}17557 \times 1{,}26 = 1{,}4812$ km; $A = 2{,}37764 \cdot r^2 = 2{,}37764 \times 1{,}26^2 = 3{,}7747$ km².

b) Apotema y área de un polígono de 12 lados (dodecágono) de 25,7 m de lado.
$a = 1{,}86603 \cdot l = 1{,}86603 \times 25{,}7 = 47{,}957$ m; $A = 11{,}19615 \cdot l^2 = 11{,}19615 \times 25{,}7^2 = 7394{,}945$ m².

c) Radio y área de un polígono de 30 lados y 59,8 mm de apotema.
$r = 1{,}00551 \cdot a = 1{,}00551 \times 59{,}8 = 60{,}1295$ mm; $A = 3{,}15313 \cdot a^2 = 3{,}15313 \times 59{,}8^2 = 11275{,}72$ mm².

CAPACIDAD DE LOS DEPOSITOS CILINDRICOS

Capacidad y líquido contenido

La capacidad de los depósitos cilíndricos, es igual a su volumen en metros cúbicos multiplicado por 1000 (decímetros cúbicos o litros).

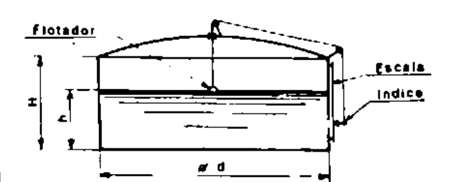
$$C = \pi r^2 \times L \times 1000,$$

siendo r el radio interior del depósito y L su longitud (también interior).

La cantidad de líquido contenido, variable según su nivel, puede medirse mediante escalas convenientemente graduadas de acuerdo con las dimensiones de cada depósito, escalas que serán recorridas por un índice movil accionado por un flotador, o bien, introduciéndolas verticalmente en los depósitos, para que el líquido, mojándolas, marque el nivel existente. La graduación de la regla variará según la posición del cilindro, con su eje situado horizontal o verticalmente (según su disposición).

Depósitos cilíndricos de eje vertical

En estos depósitos el volumen ocupado sufre una variación directamente proporcional al nivel del líquido contenido.



Capapacidad del depósito, en litros:

$$C = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \times H \times 1000$$

Considerando la regla graduada en n divisiones, cada división representa:

$$C' = \frac{C}{n} = \frac{\pi \times d^2 \times H \times 1000}{4 \times n}, \text{ litros}$$

Si se hace que cada división represente C'' litros, el valor de la altura o separación entre divisiones será:

$$h' = \frac{4 \times C''}{\pi \times d^2 \times 1000}$$

Depósitos cilíndricos de eje horizontal



La capacidad total del depósito, es:

$$C = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \times L \times 1000, \text{ litros}$$

El volumen ocupado hasta la altura f, es:

$$C' = A \cdot L,$$

siendo A la superficie correspondiente al segmento circular limitado por el nivel del líquido, superficie que se calculará con la Tabla 8.1.

Ejemplos. — 1° Depósito cilíndrico de 2,50 m de diámetro y 6,0 m de altura (interiores)

Capacidad total, $C = \frac{\pi \times 2{,}5^2}{4} \times 6{,}0 \times 1000 = 29452{,}4$, litros

Capacidad por cada cm de altura, $C' = \frac{\pi \times 2{,}5^2 \times 6 \times 1000}{4 \times 600} = 49{,}087$, litros.

Ejemplo 2° — El mismo depósito, con eje horizontal y líquido hasta una altura (flecha) de 1 m.

Capacidad de depósito, C = 29452,4 litros.

Utilizando la Tabla 8.1, flecha unidad del segmento correspondiente al volumen del líquido:

$$f = \frac{1{,}0}{1{,}25} = 0{,}80 \text{ (1,25 es el radio interior del depósito)}$$

En la Tabla 8_2 .1 a una flecha de 0,80 corresponde el número 1,17472 (área unidad) para la determinación del área del segmento limitado por el nivel del líquido.

$$\text{Area del segmento, } A = 1{,}17472 \times 1{,}25^2 = 1{,}8355 \text{ m}^2.$$

El volumen del líquido contenido, es:

$$C' = 1{,}8355 \times 6{,}00 \times 1000 = 11013 \text{ dm}^3 \text{ o litros.}$$

MEDICION DEL LIQUIDO CONTENIDO EN LOS DEPOSITOS CILINDRICOS

Depósitos cilíndricos de eje vertical

La variación del líquido contenido en un depósito cilíndrico puede determinarse por medio de reglas graduadas (página anterior), estableciendo previamente un número de divisiones n a las que corresponderá una capacidad determinada, o fijando la capacidad correspondiente a cada división de la regla.

Considerando el depósito de 2,50 m de diámetro y de 6,0 m de altura citado en los ejmplos de la página anterior, por ejemplo, para 100 divisiones en la regla de 6,0m de altura, cada división representa:

$$C' = \left(\frac{\pi \cdot d^2}{4} \times H \times 1000\right) : 100 = \frac{29452{,}4}{100} = 294{,}524 \text{ litros,}$$

y la distancia o separación entre divisiones:

$$h = \frac{6{,}00}{100} = 0{,}06 \text{ m} = 60 \text{ mm}$$

Para un volumen determinado, por ejemplo 250 dm^3 o litros, la altura entre dimensiones será:

$$h' = \frac{4 \times 250}{\pi \times 2{,}5^2 \times 1000} = 0{,}05093 \text{ m} = 50{,}93 \text{ mm.}$$

Depósitos cilíndricos de eje horizontal

Considerando nuevamente el depósito de 2,50 m de diámetro y de 6,0 m de longitud, la capacidad del depósito es $C = \pi \cdot r^2 \times L \times 1000$, litros.

Si se hace $k = r^2 \times L \times 1000$, el volumen ocupado por el líquido cuyo nivel limita a un segmento de área A, este volumen será:

$$C' = k \cdot A$$

Cuando el nivel del líquido contenido en el depósito es superior al valor del radio (volumen superior a C/2), éste volumen es igual a la capacidad total menos el correspondiente al volumen representado por el área del segmento superior (vacio) multiplicada por la longitud del depósito.

$$C'' = C - C'$$

Ejemplos. — 1º Altura del nivel o flecha del segmento, cuando el depósito contiene 11000 litros.

$$k = 1{,}25^2 \times 6{,}0 \times 1000 = 9375$$

(Capacidad total del depósito, $C = \pi \times 9375 = 29452{,}4$ litros)

Area del segmento ocupado, $A_1 = \frac{11000}{9375} = 1{,}1733 \text{ m}^2$.

En la Tabla 8_2 . 1, la flecha unidad correspondiente al área 1,1733, es f=0,8006 (muy aproximadamente).
Flecha real (nivel del líquido), f = 0,8006 x 1,25 = 1,00 m (r = 1,25 m).

Ejemplo 2°.— Nivel o flecha correspondiente a 20000 litros depositados.

Area del segmento libre, $A_s = \frac{29452{,}4 - 20000}{9375} = 1{,}0083 \text{ m}^2$.

En la Tabla 8_2 .1, la flecha unidad para área igual a 1,0083, es f = 0,7160 (aprox.)
Flecha real del segmento libre, f' = 0,7160 x 1,25 = 0,895 m.
La flecha o altura correspondiente al líquido depositado, es f = 2,50 - 0,895 = 1,605 m.

Si para comprobar el volumen se utiliza una regla con divisiones equidistantes, a cada división corresponderá un volumen distinto del de las otras (existe simetria a partir del eje horizontal).

Por ejemplo, regla de 2,50 m dividida en 100 partes iguales, para medir volúmenes en el depósito anteriormente considerado.

Si se toma la división 20, para ella se tiene:

$$f = \frac{2{,}50}{100} \times 20 = 0{,}50 \text{ m.}$$

La flecha unidad es $f' = \frac{0{,}50}{1{,}25} = 0{,}40$; para esta flecha, el área unidad es 0,44439 (Tabla 8_2 . 1).

El volumen del líquido depositado es $C' = 0{,}44439 \times 1{,}25^2 \times 6{,}0 \times 1000 = 4166{,}2$ dm^3 o litros.

Para las divisiones 1 a 50 se procederá del modo expuesto, y para las divisiones de 50 a100, se tomará el volumen de la división simétrica para restarlo de la capacidad total del depósito.

SISTEMA METRICO DECIMAL

Sistema métrico decimal

El sistema Métrico Decimal, está compuesto por un conjunto de medidas con las que se forman múltiplos y submúltiplos, siguiendo la numeración decimal.

Medidas de longitud

En este sistema, la unidad de longitud es el metro, considerado en principio como la diezmillonésima parte de la longitud del meridiano terrestre. Esta longitud se materializó en una barra de platino iridiado, que se conserva en el Museo de Pesas y Medidas, de París. (el metro según el S.I. en la Tabla 1.2, pág. 46)

Unidades y Equivalencias

– Unidad –	– Símbolo –	– Equivalencia –
Miriámetro	man	10000 m (10^4 m)
Kilómetro	km	1000 m (10^3 m)
Hectómetro	hm	100 m (10^2 m)
Decámetro	dam	10 m (10^1 m)
Metro	m	1 m
Decímetro	dm	0,1 m (10^{-1} m)
Centímetro	cm	0,01 m (10^{-2} m)
Milímetro	mm	0,001 m (10^{-3} m)

Unidades especiales

Terametro	Tm	1000000000000 m (10^{12} m)
Gigametro	Gm	1000000000 m (10^9 m)
Megametro	Mm	1000000 m (10^6 m)
Metro	m	1 m
Micrómetro	µ m	0,000001 m (10^{-6} m)
Nanometro	nm	0,000000001 m (10^{-9} m)
Picometro	pm	0,000000000001 m (10^{-12} m)

Asimismo se considera el Angström, equivalente a 0,0000001 mm (10^{-7} mm)

Unidades de superficie

La unidad de superficie es el metro cuadrado, equivalente a la de un cuadrado de un metro de lado.

Miriámetro cuadrado	man^2	100000000 m^2 (10^8 m^2)
Kilómetro cuadrado	km^2	1000000 m^2 (10^6 m^2)
Hectómetro cuadrado	hm^2	10000 m^2 (10^4 m^2)
Decámetro cuadrado	dam^2	100 m^2 (10^2 m^2)
Metro cuadrado	m^2	1 m^2
Decímetro cuadrado	dm^2	0,01 m^2 (10^{-2} m^2)
Centímetro cuadrado	cm^2	0,0001 m^2 (10^{-4} m^2)
Milímetro cuadrado	mm^2	0,000001 m^2 (10^{-6} m^2)

Unidades de volumen

La unidad de volumen es el metro cúbico, que es igual al volumen de un cubo de un metro de arista.

Miriámetro cúbico	man^3	1000000000000 m^3 (10^{12} m^3)
Kilómetro cúbico	km^3	1000000000 m^3 (10^9 m^3)
Hectómetro cúbico	hm^3	1000000 m^3 (10^6 m^3)
Decámetro cúbico	dam^3	1000 m^3 (10^3 m^3)
Metro cúbico	m^3	1
Decímetro cúbico	dm^3	0,001 m^3 (10^{-3} m^3)
Centímetro cúbico	cm^3	0,000001 m^3 (10^{-6} m^3)
Milímetro cúbico	mm^3	0,000000001 m^3 (10^{-9} m^3)

Las medidas de volumen generalmente son utilizadas para expresar el espacio ocupado por un cuerpo.

SISTEMA METRICO DECIMAL

– Unidad –	– Símbolo –	– Equivalencia –

Unidades de capacidad

La unidad de capacidad es el litro, cuyo volumen es igual al de un decímetro cubico.

Miriálitro	mal	10000 l (10^4 l)
Kilolitro	kl	1000 l (10^3 l)
Hectolitro	hl	100 l (10^2 l)
Decalitro	dal	10 l (10^1 l)
Litro	l	1 l
Decilitro	dl	0,1 l (10^{-1} l)
Centilitro	cl	0,01 l (10^{-2} l)
Mililitro	m	0,001 l (10^{-3} l)

Para grandes o pequeñas capacidades, pueden utilizarse los múltiplos y submúltiplos expresados con los subfijos citados en las unidades especiales de longitud.

Relación entre las medidas de volumen y capapcidad

Entre las medidas de volumen y de capacidad existen las relaciones o equivalencias siguientes:

1 km^3 equivale a 1 Tl
1 hm^3 equivale a 1 Gl
1 dam^3 equivale a 1 Ml
1 m^3 equivale a 1 kl
1 dm^3 equivale a 1 l
1 cm^3 equivale a 1 ml
1 mm^3 equivale a 1 μ l

Unidades de peso

La unidad de peso es el gramo, milésima parte del peso-patrón formado por un cilindro de platino iridiado de 39 mm de diámetro y 39 mm de altura, que se conserva en la Oficina Internacional de Pesas y Medidas de París, fijado en 1889. Asimismo el gramo equivale al peso de 1 cm^3 de agua destilada, a la temperatura de 4° C (presión normal).

Tonelada métrica	t o Mg	1000000 g (10^6 g)
Quintal métrico	q	100000 g (10^5 g)
Miriagramo	mag	10000 g (10^4 g)
Kilogramo	kg	1000 g (10^3 g)
Hectogramo	hg	100 g (10^2 g)
Decagramo	dag	10 g (10^1 g)
Gramo	g	1 g
Decigramo	dg	0,1 g (10^{-1} g)
Centigramo	cg	0,01 g (10^{-2} g)
Miligramo	mg	0,001 g (10^{-3} g)

Medidas agrarias

La unidad de medidas agrarias es el área, equivalente a un decámetro cuadrado.

Hectárea	ha	1 hm^2 (10^4 m^2)
Area	a	1 dam^2 (10^2 m^2)
Centiárea	ca	1 m^2

SISTEMA ANGLOSAJON

Sistema anglosajon

El Sistema Anglosajón de Medidas, esta basado en la yarda como unidad de medidas de longitud, generalmente substituida por su tercera parte, el pie (foot); por la libra (pound) como unidad de peso, materializada por un lingote de platino de dimensiones específicas; y por el segundo como unidad de tiempo, que corresponde con el definido internacionalmente (sistema S.I.)

1 Yarda = 3 pies = 36 pulgadas; 1 pie = 12 pulgadas.

Tiene sanción legal para el comercio de Gran Bretaña, Estados Unidos de América y Continente Europeo, el valor redondeado de la pulgada.

1 pulgada = 25,4 mm.

Unidades anglosajonas

– Unidad –	– Símbolo –	– Equivalencia –
Unidades de longitud		
Milla	mi	5280 pies; 320 rods; 1760 yardas
Vara	rd	5,5 yardas; 16,5 pies
Yarda	yd	3 pies; 36 pulgadas
Pie	ft o ′	12 pulgadas; 0,333 yardas
Pulgada	pulg., in o ″	0,083 pies; 0,027 yardas
Unidades de superficie		
Acre	a o ac	4840 yardas cuadradas; 43559,826 pies cuadrados
Milla cuadrada	mi^2 o sq mi	640 acres, 102400 varas cuadradas
Vara cuadrada	rd^2 o sq yd	30,25 yardas cuadradas; 0,006 acres
Yarda cuadrada	yd^2 o sq yd	1296 pulgadas cuadradas; 9 pies cuadrados
Pie cuadrado	ft^2 o sq ft	144 pulgadas cuadradas; 0,111 yardas cuadradas
Pulgada cuadrada	$pulg.^2$	0,007 pies cuadrados; 0,00077 yardas cuadradas
Unidades de volumen		
Pie cúbico	pie^3 ft^3 o cu ft	1728 pulgadas cúbicas; 0,0370 yardas cúbicas
Pulgada cúbica	$pulg^3$	0,00058 pies cúbicos; 0,000021 yardas cúbicas

Unidades admitidas temporalmente

– Unidad –	– Magnitud –	– Expresión en unidades fundamentales –
Longitud	Milla marina*	1 Milla marina = 1852 m
Velocidad	Nudo	1 Nudo = 1 milla marina por hora = 1852/3600 m/s.

*Se acepta la milla marina como unidad especial para expresar las distancias, solo en navegación marítima y aérea.

SISTEMA ANGLOSAJON

– Unidad –	– Símbolo –	– Equivalencia –
Unidades de capacidad		
– Medidas Britis Imperial de líquidos y áridos –		
Fanega (bushel)	bu	4 Celemines; 2219,354 pulgadas cúbicas
Celemín (peck)	pk	2 Galones; 554,8385 pulgadas cúbicas
Galón	gal	4 Cuartos; 277,4193 pulgadas cúbicas
Cuarto	qt	2 Pintas; 69,35482 pulgadas cúbicas
Pinta	pt	4 Gill; 34,67741 pulgadas cúbicas
Gill	gi	5 Onzas fluidas; 8,669 pulgadas cúbicas
Onza fluida	fl oz	8 Dracmas fluidas, 1,73787 pulgadas cúbicas
Dracma fluida	fl dr	60 Mínimas, 0,216734 pulgadas cúbicas
Mínima	min	1/60 de dracma fluida; 0,00361223 pulg.^{3}
– Medidas estadounidenses de líquidos –		
Galón	gal	4 Cuartos; 231 pulgadas cúbicas
Cuarto (Quart)	qt	2 Pintas; 57,75 pulgadas cúbicas
Pinta (Pint)	pt	4 Gills; 28,875 pulgadas cúbicas
Gill	gi	4 Onzas fluidas; 7,21875 pulgadas cúbicas
Dracma fluida (fluidram)	fl dr	60 Mínimas; 0,22558594 pulgadas cúbicas
Mínima (minin)	mi	1/60 de dracma fluida; 0,0037597656 pulg.^{3}
– Medidas estadounidenses de áridos –		
Fanega (bushel)	bu	2 Celemines; 2150,42 pulgadas cúbicas
Celemín (peck)	pk	8 Cuartos; 537,605 pulgadas cúbicas
Cuarto (Quart)	qk	2 Pintas; 67,200625 pulgadas cúbicas
Pinta (Pint)	pt	0,5 Cuartos; 33,6003125 pulgadas cúbicas
Unidades de peso		
– Avoirdopois (general) –		
Tonelada (on),	tn	
corta (short)		20 Quintales cortos; 2000 libras
larga (long)		20 Quintales largos; 2240 libras
Quintal (hundredweight)	cwt	
corto (short)		100 Libras; 0,05 toneladas cortas
largo (long)		112 Libras; 0,05 toneladas largas
Libra	lb	16 Onzas; 7000 granos
Onza	oz	16 Dracmas; 437,5 granos
Dracma	dr	27,34375 Granos; 0,0625 onzas
Grano	gr	0,036571429 Dracma; 0,0022857134 onzas
Troy		
Libra	lbt	12 Onzas; 240 escrúpulos; 5760 granos
Onza	ozt	20 Escrúpulos; 480 granos
Escrúpulo (pennyweigth)	dwt o pwt	24 Granos; 0,05 onzas
Grano (graint)	gr	0,05 Escrúpulos; 0,0020833 onzas; 0,016666 Dracmas
– Apothecaries (farmacia) –		
Libra	lb ap	12 Onzas; 5760 granos
Onza	oz ap	8 Dracma; 480 granos
Dracma (dram)	dr ap	3 Escrúpulos; 60 granos
Escrúpulos (scruple)	s ap	20 Granos; 0,333333 dracmas
Grano (grain)	gr	0,05 Escrúpulos; 0,0020833 onzas; 0,016666 Dracmas.

Nota.– El Sistema Internacional, S.I., figura en las páginas 46 y 47

Sistemas de pesas y medidas	FACTORES DE CONVERSION LONGITUD, SUPERFICIE, VOLUMEN, PESO	TABLA 7, . 14

Factores de conversión

Los Sistemas Métrico Decimal e Internacional de Medidas S.I., tienen como unidad fundamental de longitud a el metro, y el Sistema Anglosajón a la yarda. Entre estos Sistemas de Medidas está establecida como base de relación:

25,5 mm = 1 pulgada (1/36 de yarda)

También, 1 kilogramo = 2,20462233 libras; 1 libra = 0,45359243 kilogramos.

LONGITUD

Unidad	Kilómetros	Hectómetros	Metros	Centímetros	Milímetros	Pulgadas	Pies	Yardas	Varas	Millas	Millas marinas
km	1	10	1000	100000	1000000	39370,079	3280,84	1093,613	198,8388	0,621371	0,539957
hm	0,1	1	100	10000	100000	3937	328,084	109,3613	19,88388	0,0621371	
m	0,001	0,01	1	100	1000	39,37	3,28084	1,093613	0,198839	0,0006214	
cm	0,00001	0,0001	0,01	1	10	0,3937	0,0328084	0,010936			
mm			0,001	0,1	1	0,03937	0,003281	0,0010936			
pulg			0,0254	2,54	25,4	1	0,08333	0,027778			
ft			0,3048	30,48	304,8	12	1	0,333333	0,060606		
yd		0,009144	0,9144	91,44	914,4	36	3	1	0,181818	0,000568	
rd	0,005029	0,050292	5,0292	502,92	5029,2	198	16,5	5,5	1	0,003125	
mi	1,609344	16,09344	1609,344	160934,4	1609344	63360	5280	1760	320	1	
mi m	1,852	1 Milla marina = 1 nudo/hora									1

Aplicación → Convertir 125 metros en yardas.
1m = 1,093613 yd, 125 m = 125 x 1,093613 = 136,702 yardas.

SUPERFICIE

Unidad	Kilómetro^2	Hectómetro^2 (Ha)	Metro^2 (ca)	Centímetro^2	Pulgada^2	Pie^2	Yarda^2	Vara^2	Acre	Milla^2
km^2	1	100	1000000						247,105	0,386102
hm^2	0,01	1	10000				11959,901	395,3686	2,471054	
m^2		0,0001	1	10000	1550,003	10,76391	1,1959901	0,0395369		
cm^2			0,0001	1	0,1550003	0,0010764				
pulg^2			0,0006452	6,4516	1	0,006944	0,00077			
ft^2			0,092903	929,0304	144	1	0,111111	0,003673	0,000023	
yd^2			0,8361274	8361,274	1296	9	1	0,0330578	0,0002066	
rd^2		0,002529	25,292853			272,25	30,25	1	0,00625	
ac^2		0,4046856	4046,856			43560	4840	160	1	0,0015625
mi^2	2,589988	258,9988	2589987,8					102400	640	1

Aplicación. – Convertir 125 yardas cuadradas en metros cuadrados
1 yd^2 = 0,836127 m^2; 125 yardas^2 = 125 x 0,836127 = 104,516 metros^2

VOLUMEN

La unidad (derivada) de superficie es el metro cuadrado, 1 m^2

Unidad^3	Metro^3	Decímetro^3	Centímetro^3	Pulgada^3	Pie^3	Yarda^3
m^3	1	1000	1000000	61023,76	35,31466	1,307951
dm^3	0,001	1	1000	61,02376	0,03531466	
cm^3	0,000001	0,001	1	0,0610238		
pulg^3		0,01638706	16,38706	1	0,000578	
ft^3	0,0283168	28,31686	28316,86	1728	1	0,037037
yd^3	0,7645549	764,5549	764554,9	46656	27	1

La unidad (derivada) de volumen es el metro cúbico, 1 m^3

Aplicación. – Convertir 125 decímetros cúbicos en pies cúbicos.
1 dm^3 = 0,0353147 ft^3 ; 125 x 0,0353147 = 4,414 pies cúbicos.

PESO

Unidad	Tonelada	Kilogramo	Gramo	Grano	Onza	Libra	Quintal corto	Quintal largo	Tonelada corta	Tonelada larga
t	1	1000	1000000			2204,622	22,04622	19,68413	1,102311	0,9842064
kg	0,001	1	1000		35,27397	2,204622	0,0220462	0,0196841	0,00110231	0,00098421
g		0,001	1	15,43236	0,03527397					
gr			0,06479891	1	0,0022857					
oz		0,0283495	28,34952	437,5	1	0,0625				
lb	0,00045359	0,4535924	453,5924	1000	16	1	0,01	0,0089286	0,0005	0,00044643
cwt s	0,0453592	45,359243			1600	100	1	0,8928571	0,05	0,00037202
cwt l	0,0508023	50,80235			1792	112	1,12	1	0,0446428	0,05
tn s	0,907185	907,1850			32000	2000	20	17,857143	1	0,892857
tn l	1,016047	1016,047			35840	2240	22,4	20	1,12	1

Aplicación. - Convertir 125 libras en kilogramos.
1 lb = 0,4535924 kg, 125 x 0,4535924 = 56,699 kg.

FACTORES DE CONVERSION
CAPACIDADES

CAPACIDAD.
Medidas British Imperial de líquidos y áridos

Unidad	Metro³	Decímetro³ (litros)	Centímetro³	Pulgada³	Onza	Gill	Pinta	Cuarto	Galón	Celemin	Fanega
m^3	1	1000	1000000	61023,74	35195,11	7039,022	1759,755	879,8775	219,969	109,98469	27,49617
dm^3	0,001	1	1000	61,02374	35,19511	7,039022	1,759755	0,8798775	0,219969	0,1099847	
cm^3	0,000001	0,001	1	0,0610237	0,035195	0,007039	0,0017598	0,0008799			
pulg³		0,016387	16,387064	1	0,576744	0,115349	0,028837	0,144185			
oz		0,028413	28,41304	1,73387	1	0,2	0,05	0,025			
gi	0,000142	0,142065	142,0652	8,66935	5	1	0,25	0,125	0,03125		
pt	0,000568	0,568261	568,2609	34,67741	20	4	1	0,5	0,125	0,0625	
qt	0,001136	1,136522	1136,522	69,35482	40	8	2	1	0,25	0,125	0,03125
gal	0,0045461	4,546092	4546,092	277,4193	160	32	8	4	1	0,5	0,125
pk	0,009217	9,092174	9092,174	554,8385	320	64	16	8	2	1	0,25
bu	0,036369	36,368696	36368,70	2219,354	1280	256	64	32	8	4	1

Aplicación.— Convertir 125 decímetros cúbicos en celemines.

$1\ dm^3 = 0,1099847$ pk; 125 decímetros³ = 125 x 0,1099847 = 13,748 celemines.

CAPACIDAD.
Medidas estadounidenses de líquidos

Unidad	Metro³	Decímetro³ (litros)	Centímet³	Pulgada³	Gill	Pinta	Cuarto	Galón
m^3	1	1000	1000000	61023,744	8453,5056	2113,3764	1056,6882	264,172
dm^3	0,001	1	1000	61,023744	8,4535056	2,1133764	1,0566882	0,264172
cm^3	0,000001	0,001	1	0,0610237	0,0084535	0,00211338	0,00105669	0,000264172
pulg³		0,016387	16,387064	1	0,138528	0,03463203	0,017316	0,004329
gi	0,0001189	0,118294	118,29412	7,21875	1	0,25	0,125	0,03125
pt	0,0004732	0,4731765	473,17647	28,875	4	1	0,5	0,125
qt	0,0009464	0,9463353	946,35295	57,75	8	2	1	0,25
gal	0,00378541	3,785412	3785,4118	231	32	8	4	1

Aplicación.— Convertir 125 decímetros cúbicos en galones

$1\ dm^3 = 0,264172$ gal; 125 decímetros³ = 125 x 0,264172 = 33,022 galones

CAPACIDAD.
Medidas estadounidenses de áridos.

Unidad	Metro³	Decímetro³ (litros)	Centímetro³	Pulgada³	Pinta	Cuarto	Celemin	Fanega
m^3	1	1000	1000000	61023,744	1816,1659	908,08298	113,51037	28,377593
dm^3	0,001	1	1000	61,023744	1,8161659	0,90808298	0,11351037	0,02837759
cm^3	0,000001	0,001	1	0,0610237	0,001816166	0,00090808	0,00011351	
pulg³		0,163871	16,387064	1	0,0297618	0,0148809	0,0018601	
pt	0,0005506	0,55061047	550,61047	33,6003125	1	0,5	0,0625	0,015625
qt	0,0011001	1,1012209	1101,22094	67,200625	2	1	0,125	0,03125
pk	0,0087675	8,8097675	8809,7675	537,605	16	8	1	0,25
bu	0,0352391	35,23907	35239,07	2150,42	64	32	4	1

Aplicación.— Convertir 125 fanegas en decímetros cúbicos.

1 bu = 35,23907 dm^3; 125 fanegas = 125 x 35,23907 = 4404,884 decímetros cúbicos.

OPERACIONES COMERCIALES

Regla de tres simple

Esta regla tiene por objeto el establecer la razón entre magnitudes directamente proporcionales y componer una proporción de tres miembros conocidos, para poder determinar el cuarto.

$a : b :: a_1 : b_1$; a y a_1 son magnitudes del mismo género, asi como también lo son las b y b_1 entre ellas.

Ejemplo. – Un coche para recorrer 100 km consume 8 litros de gasolina; para recorrer 540 km ¿cuántos litros consumirá?.

Si para recorrer 100 km consume 8 litros,
para recorrer 540 km consumirá x (más)

$$x = \frac{8 \times 540}{100} = 43{,}2 \text{ litros (directamente proporcional)}$$

Ejemplo 2º.– Un coche a 80 km por hora tarda en recorrer la distancia entre dos poblaciones 5 horas; ¿cuánto tardará haciendo el recorrido a 100 km por hora?.

Si a 80 km por hora tarda 5 horas,
a 100 km por hora tardará x (menos)

$$x = \frac{80 \times 5}{100} = 4 \text{ horas (inversamente proporcional)}$$

Regla de tres compuesta

Las magnitudes de la primera razón están relacionadas proporcionalmente con otras, estableciéndose varias proporciones para determinar el miembro desconocido.

Ejemplo. – Un equipo de 20 operarios para hacer 600 m de una via tarda 48 días trabajando a razón de 10 horas diarias. ¿Cuánto tardará otro equipo de 16 operarios para hacer 400 m de la misma via trabajando 8 horas diarias?.

20 operarios tardan 48 días, 1 operario tardaría 20 veces mas, y 16 operarios tardarían 16 veces menos.

$$x = 48 \times \frac{20}{16}$$

Trabajando 10 horas tardan 48 días, trabajando 1 hora tardarían 10 veces más y trabajando 8 horas tardarían 8 veces menos.

$$x = 48 \times \frac{20 \times 10}{16 \times 8}$$

Para hacer 600 m tardan 48 días, para hacer 1 m tardarían 600 veces menos, y para hacer 400 m tardarían 400 veces más,

$$x = 48 \times \frac{20 \times 10 \times 400}{16 \times 8 \times 600} = 50 \text{ días, que tardará el segundo equipo}$$

Repartimientos proporcionales

Estos repartimientos tienen por objeto el repartir una cantidad directa o inversamente proporcional a otras.

Modulo de proporción: $m = \dfrac{a}{b_1 + b_2 + b_3 + \ldots} = \dfrac{a}{\Sigma b}$ (directa); $m = \dfrac{a}{\dfrac{b_1}{1} + \dfrac{b_2}{1} + \dfrac{b_3}{1}} = \dfrac{a}{\Sigma \dfrac{b}{1}}$ (inversa).

Percepción o reparto: 1º, $b_1 \cdot \dfrac{a}{\Sigma b}$; 2º, $b_2 \cdot \dfrac{a}{\Sigma b}$; 3º, $b_3 \cdot \dfrac{a}{\Sigma b}$ (directa)

Ejemplo. – Repartir 210 unidades directamente e inversamente porporcional a 2,4 y 8.

Directamente proporcional:

$$m = \frac{210}{2+4+8} = 15; \quad \begin{cases} 1º, b_1 = 2 \times 15 = 30 \\ 2º, b_2 = 4 \times 15 = 60 \\ 3º, b_3 = 8 \times 15 = 120 \end{cases} \quad (\Sigma b = 210)$$

Inversamente proporcional:

$$m = \frac{210}{\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8}} = \frac{210}{\frac{32 + 16 + 8}{64}} = 240; \quad \begin{cases} 1º, b_1 = 240 \times 1/2 = 120 \\ 2º, b_2 = 240 \times 1/4 = 60 \\ 3º, b_3 = 240 \times 1/8 = 30 \end{cases} \quad (\Sigma b = 210)$$

Regla de compañía

La regla de compañía tiene por objeto el de repartir una cantidad directamente proporcional a varios productos.

Números proporcionales: $b_1 \cdot n_1$, $b_2 \cdot n_2$, $b_3 \cdot n_3$, ...

Módulo de proporción, $m = \dfrac{a}{b_1 \cdot n_1 + b_2 \cdot n_2 + b_3 \cdot n_3} = \dfrac{a}{\Sigma\, b \cdot n}$

Ejemplo. – Un empresario inicia una obra con un capital C; ocho meses más tarde interviene otro con un capital 1,5 C, y seis meses después un tercero con un capital 2C. Se concluye la obra seis meses más tarde; ¿cuánto corresponderá a cada uno del beneficio o pérdida que se obtenga?.

Números proporcionales: 1º, C x 20 = 20 C; 2º, 1,5C x 12 = 18C; 3º, 2C x 6 = 12C

$$\text{Módulo de proporción, } m = \frac{a}{20 + 18 + 12} = \frac{a}{50} = 0{,}02\,a; \begin{cases} 1º, 0{,}02 \times 20 = 0{,}40a \\ 2º, 0{,}02 \times 18 = 0{,}36a \\ 3º, 0{,}02 \times 12 = 0{,}24a \end{cases} \quad (\Sigma b = 1{,}0a)$$

INTERES, CAPITALIZACION Y AMORTIZACION

Interés simple

Interés simple es el que proviene de un capital C sin agregarle ningún rédito vencido, aun cuando no se haya cobrado; intervienen:

Capital C, tiempo n, rédito anual por ciento r%, interés I.

$$I = C \cdot \frac{r}{100} \cdot n$$

Ejemplo 1°. — Interés de un capital de 100000 ptas. impuestas al 6% durante un año.

$$I = 100000 \times \frac{6}{100} \times 1 = 6000 \text{ ptas.}$$

Ejemplo 2°. — Interés de un capital de 100000 ptas. impuestas al 6% durante nueve meses.

$$I = 100000 \times \frac{6}{100} \times \frac{9}{12} = 4500 \text{ ptas.}$$

Interés compuesto

Interés compuesto es el que proviene de un capital C al que se va acumulando su interés o rédito anual para producir otro interés; monto es el capital final compuesto por el capital inicial más los intereses acumulados.

$$M = C \cdot \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n \text{ ; para } C = 1,\ M_1 = \left(1 + \frac{r}{100}\right)^n$$

Ejemplo. — Monto de 100000 ptas. impuestas al 6% durante 15 años.

$$M = 100000 \times \left(1 + \frac{6}{100}\right)^{15} = 100000 \times 2{,}39656 = 239656 \text{ ptas. (el mismo monto que en la Tabla } 8_1 \cdot 14)$$

Capital inicial

Capital inicial C_i es el valor actual que se ha de imponer a interés compuesto para que se transforme en un capital C en n años.

$$C_i = \frac{C}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^n} \text{ ; para } C = 1,\ C_{i1} = \frac{1}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^n}$$

Ejemplo. — Capital inicial a imponer al 6% durante 15 años para que se transforme en 239656 ptas.

$$C_i = \frac{239656}{\left(1 + \frac{6}{100}\right)^{15}} = \frac{239656}{2{,}39656} = 100000 \text{ ptas. (el mismo que se obtiene según la Tabla } 8_1 \cdot 14)$$

Capitalización

Capitalización es la aportación o ahorro anual (o mensual) A, que se ha de imponer a interés compuesto para obtener o capitalizar un monto M en n años (finalizado cada periodo de tiempo).

$$A = \frac{M_C\, r}{100\left[\left(1 + \frac{r}{100}\right)^n - 1\right]} \text{ ; para } M_C = 100,\ A_1 = \frac{r}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^n - 1}$$

Ejemplo. — Anualidad que se ha de imponer al 6% para capitalizar 239656 ptas. en 15 años.

$$A = \frac{239656 \times 6}{100\left[\left(1 + \frac{1}{100}\right)^{15} - 1\right]} = \frac{1437936}{100 \times (2{,}39656 - 1)} = 10296{,}27 \text{ ptas. (la misma anualidad s/ la tabla } 8_2 \cdot 14);$$

Amortización

Amortización es la aprotación o pago anual P que se ha de hacer durante n años para redimir o liquidar un capital C recibido como préstamo a interés compuesto.

$$P = \frac{C\left(1 + \frac{r}{100}\right)^n \cdot \frac{r}{100}}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^n - 1} \text{ ; para } P = 100,\ P_1 = \frac{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^n \cdot r}{\left(1 + \frac{r}{100}\right)^n - 1}$$

Ejemplo. — Pago anual para amortizar en 15 años un capital de 100000 ptas. recibido como préstamo al 6% de interés compuesto.

$$P = \frac{100000 \times \left(1 + \frac{6}{100}\right)^{15} \times \frac{6}{100}}{\left(1 + \frac{6}{100}\right)^{15} - 1} = \frac{14379{,}36}{2{,}39656 - 1} = 10296{,}27 \text{ ptas. (el mismo pago se obtiene según la tabla } 8_2 \cdot 14).$$

OPERACIONES CON INTERES COMPUESTO

MONTO

Monto M_1 de la unidad impuesta a r% durante n años. — $M_1 = (1 + \frac{r}{100})^n$

Años	Rédito %										
n	3	4	5	6	7	8	10	12	15	18	20
1	1,03	1,04	1,05	1,06	1,07	1,08	1,10	1,12	1,15	1,18	1,20
2	1,06090	1,08160	1,10250	1,12360	1,14490	1,16640	1,21000	2,25440	1,32250	1,39240	1,44000
3	1,09273	1,12486	1,15762	1,19102	1,22504	1,25971	1,33100	1,40493	1,52087	1,64303	1,72800
4	1,12551	1,16986	1,21551	1,26248	1,31080	1,36049	1,46410	1,57352	1,74901	1,93878	2,07360
5	1,15927	1,21665	1,27628	1,33823	1,40255	1,46933	1,61051	1,76234	2,01136	2,28776	2,48832
6	1,19405	1,26532	1,34010	1,41852	1,50073	1,58687	1,77156	1,97382	2,31306	2,69955	2,98598
8	1,26677	1,36857	1,47746	1,59385	1,71817	1,85093	2,14359	2,47596	3,05902	3,75886	4,29982
10	1,34392	1,48024	1,62890	1,79085	1,96715	2,15893	2,59374	3,10585	4,04556	5,23384	6,19174
12	1,42546	1,60103	1,79586	2,01220	2,25219	2,51817	3,13843	3,89598	5,35025	7,28760	8,91610
14	1,59259	1,73168	1,97993	2,26090	2,57853	2,93719	3,79750	4,88711	7,07571	10,14724	12,83919
15	1,55797	1,80094	2,07893	2,39656	2,75903	3,17217	4,17724	5,47357	8,13706	11,97375	15,40702
18	1,70243	2,02582	2,40662	2,85434	3,37993	3,99602	5,55992	7,68997	12,37545	19,67325	26,62333
20	1,80611	2,19112	2,65330	3,20714	3,86968	4,66096	6,72750	9,64629	16,36654	27,39304	38,33760
25	2,09378	2,66584	3,38635	4,29187	5,42743	6,84848	10,83471	17,00006	32,91895	62,66863	95,39622
30	2,42726	3,24340	4,32194	5,74349	7,61226	10,06266	17,44940	29,95992	66,21177	143,3706	237,3763

Aplicación. — Monto de un capital de 100000 ptas. impuesto al 6% durante 15 años.

Monto. — $M = M_1 \cdot C = 2{,}39656 \times 100000 = 239656$ ptas.

CAPITAL INICIAL

Valor actual impuesto a r% durante n años para transformarse en la unidad. — $C_{i1} = \frac{1}{(1 + \frac{r}{100})^n}$

Años	Rédito %										
n	3	4	5	6	7	8	10	12	15	18	20
1	0,97087	0,96154	0,95238	0,94340	0,93458	0,92593	0,90909	0,89286	0,86957	0,84746	0,83333
2	0,94260	0,92456	0,90703	0,89000	0,87344	0,85734	0,82645	0,79719	0,75614	0,71818	0,69444
3	0,91514	0,88900	0,86384	0,83962	0,81630	0,79383	0,75131	0,71178	0,65752	0,60863	0,57870
4	0,88849	0,85480	0,82270	0,79209	0,76290	0,73503	0,68301	0,63552	0,57175	0,51570	0,48225
5	0,86261	0,82193	0,78353	0,74726	0,71299	0,68058	0,62092	0,56743	0,49718	0,43711	0,40188
6	0,83748	0,79031	0,74622	0,70497	0,66634	0,63017	0,56447	0,50663	0,43233	0,37043	0,33490
8	0,78941	0,73069	0,67684	0,62741	0,58201	0,54027	0,44651	0,40388	0,32690	0,26604	0,23257
10	0,72627	0,67556	0,61391	0,55839	0,50835	0,46319	0,38554	0,32197	0,24718	0,19106	0,16151
12	0,70138	0,62460	0,55684	0,49697	0,44401	0,39711	0,31863	0,25668	0,18691	0,13722	0,11216
14	0,66112	0,57748	0,50507	0,44230	0,38782	0,34046	0,26333	0,20462	0,14133	0,09855	0,07789
15	0,64186	0,55526	0,48102	0,41726	0,36245	0,31524	0,23939	0,18270	0,12289	0,08352	0,06491
18	0,58739	0,49363	0,41552	0,35034	0,29586	0,25025	0,17986	0,13004	0,08081	0,05083	0,03756
20	0,55368	0,45639	0,37689	0,31180	0,25842	0,21455	0,14864	0,10367	0,06110	0,03651	0,02608
25	0,47761	0,37512	0,29530	0,23300	0,18425	0,14602	0,09230	0,05882	0,03038	0,01596	0,01048
30	0,41199	0,30832	0,23138	0,17411	0,13137	0,09938	0,05731	0,03338	0,01510	0,00698	0,00421

Aplicación. — Capital a imponer al 6% para que en 15 años se transforme en 239656 ptas.

Capital inicial, $C_i = C_{i1} \cdot C = 0{,}41726 \times 239656 = 99999 \approx 100000$ ptas.

CAPITALIZACION

Imposición anual a r% durante n años para capitalizar 100 unidades. — $A_1 = \dfrac{r}{(1 + \frac{r}{100})^{n-1}}$

Años	Rédito %										
n	3	4	5	6	7	8	10	12	15	18	20
1	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
2	49,26108	49,01961	48,78049	48,54369	48,30918	48,07692	47,61905	47,16981	46,51163	45,87156	45,45455
3	32,35304	32,03485	31,72086	31,41098	31,10517	30,80335	30,21148	29,63490	28,79770	27,99239	27,47253
4	23,90271	23,54900	23,20119	22,85915	22,52281	22,19078	21,54708	20,92344	20,02654	19,17387	18,62891
5	18,83546	18,46271	18,09748	17,73964	17,38907	17,04456	15,37975	15,74097	14,83156	13,97778	13,43797
6	15,45975	15,07619	14,70175	14,33626	13,97958	13,63154	12,96074	12,32267	11,42369	10,59101	10,07067
8	11,24564	10,85278	10,47218	10,10359	9,74678	9,40148	8,74440	8,13028	7,28501	6,52444	6,06094
10	8,72306	8,32909	7,95046	7,58680	7,23775	6,90295	6,27454	5,69842	4,92521	4,25146	3,85228
12	7,04621	6,65622	6,28254	5,92770	5,59020	5,26950	4,67633	4,14368	3,44808	2,86278	2,52650
14	5,86263	5,46690	5,10240	4,75849	4,43449	4,12969	3,57462	3,08712	2,46885	1,96781	1,68931
15	5,37666	4,99411	4,63423	4,29628	3,97946	3,68296	3,14738	2,68242	2,10171	1,64028	1,38821
18	4,27087	3,89933	3,55462	3,23566	2,94126	2,67021	2,19302	1,79373	1,31863	0,96395	0,78054
20	3,72157	3,35818	3,02426	2,71846	2,43929	2,18522	1,74596	1,38788	0,97615	0,68200	0,53565
25	2,74279	2,40120	2,09525	1,82267	1,58105	1,36788	1,01681	0,75000	0,46994	0,29188	0,21187
30	2,10193	1,78301	1,50514	1,26489	1,05864	0,79602	0,60792	0,41437	0,23002	0,12643	0,08461

Aplicación. — Imposición anual al 6% para capitalizar 239656 ptas. en 15 años.

Imposición. — $A_1 \cdot \dfrac{C}{100} = 4{,}29628 \times \dfrac{239656}{100} = 10296{,}29$ ptas.

AMORTIZACION

Pago anual para amortizar en n años 100 unidades prestadas a r%. $P_1 = \left[(1 + \frac{r}{100})^n \cdot r \right] : \left[(1 + \frac{r}{100})^n - 1 \right]$

Años	Rédito %										
n	3	4	5	6	7	8	10	12	15	18	20
1	103,00	104,00	105,00	106,00	107,00	108,00	110,00	112,00	115,00	118,00	120,00
2	52,26108	53,01961	53,78049	54,54369	55,30918	56,07692	57,61905	59,16981	61,51163	63,87156	64,45455
3	35,35301	36,03485	37,72086	37,41098	38,10517	38,80335	40,21148	41,63490	43,79770	45,99239	47,47253
4	26,90271	27,54900	28,20119	28,85915	29,52281	30,19208	31,54708	32,92344	35,02654	37,17387	38,62891
5	21,83645	22,46271	23,09748	23,73964	24,38907	25,04564	26,37975	27,74097	29,83156	31,97778	33,43797
6	18,45975	19,07619	19,70175	20,33626	20,97958	21,63154	22,96074	24,32257	26,42369	28,59101	30,07067
8	14,24564	14,85278	15,47218	16,10359	16,74678	17,40148	18,74440	20,13028	22,28501	24,52444	26,06094
10	11,72305	12,32909	12,95046	13,58680	14,23775	14,90295	16,27454	17,69842	19,92521	22,25146	23,85228
12	10,04621	10,65522	11,28254	11,92770	12,59020	13,26950	14,67633	16,14368	18,44808	20,86278	22,52650
14	8,85263	9,46690	10,10240	10,75849	11,43449	12,12969	13,57462	15,08712	17,46885	19,96781	21,68931
15	8,37665	8,99411	9,63423	10,29628	10,97946	11,68295	13,14738	14,68242	17,10171	19,64028	21,38821
18	7,27087	7,89933	8,55462	9,23565	9,94126	10,67021	12,19302	13,79373	16,31863	18,96395	20,78054
20	6,72157	7,35818	8,02426	8,71846	9,43929	10,18522	11,74596	13,38788	15,97615	18,68200	20,53565
25	5,74279	6,40120	7,09525	7,82267	8,58105	9,36788	11,01681	12,74500	15,46994	18,29188	20,21187
30	5,10193	5,78301	6,50514	7,26489	8,05864	8,88274	10,60792	12,41437	15,23002	18,12643	20,08461

Aplicación. — Pago anual para amortizar en 15 años 100000 ptas. recibidas en préstamo al 6%

Pago, $P = P_1 \cdot \dfrac{C}{100} = 10{,}29628 \times 100000 = 10296{,}28$ ptas.

FUERZA CENTRIFUGA Y CENTRIPETA COEFICIENTES

F_c = KGr ; k = 0,001117862 · n² . – Valores de K en función de n.

n	k	n	k	n	k	n	k
1	0,001118	51	2,90756	101	11,4033	151	25,4884
2	0,004471	52	3,02270	102	11,6302	152	25,8271
3	0,010061	53	3,14007	103	11,8594	153	26,1680
4	0,017886	54	3,25969	104	12,0908	154	26,5112
5	0,027947	55	3,38153	105	12,3244	155	26,8566
6	0,040243	56	3,50562	106	12,5603	156	27,2043
7	0,054775	57	3,63193	107	12,7984	157	27,5542
8	0,071543	58	3,76049	108	13,0387	158	27,9063
9	0,090547	59	3,89128	109	13,2813	159	28,2607
10	0,111786	60	4,02430	110	13,5261	160	28,6173
11	0,135261	61	4,15956	111	18,7732	161	28,9761
12	0,160972	62	4,29706	112	14,0225	162	29,3372
13	0,188917	63	4,43679	113	14,2740	163	29,7005
14	0,219101	64	4,57876	114	14,5277	164	30,0660
15	0,251519	65	4,72297	115	14,7837	165	30,4338
16	0,286173	66	4,86941	116	15,0495	166	30,8038
17	0,323062	67	5,01808	117	15,3024	167	31,1761
18	0,362187	68	5,16899	118	15,5651	168	31,5505
19	0,403548	69	5,32214	119	15,8300	169	31,9273
20	0,447145	70	5,47752	120	16,0972	170	32,3062
21	0,492977	71	5,63514	121	16,3666	171	32,6874
22	0,541045	72	5,79500	122	16,6383	172	33,0708
23	0,591349	73	5,95709	123	16,9121	173	33,4565
24	0,643889	74	6,12141	124	17,1882	174	33,8444
25	0,698664	75	6,28797	125	17,4666	175	34,2345
26	0,755675	76	6,45677	126	17,7472	176	34,6269
27	0,814921	77	6,62780	127	18,0300	177	35,0215
28	0,876404	78	6,80107	128	18,3151	178	35,4183
29	0,940122	79	6,97658	129	18,6023	179	35,8174
30	1,00608	80	7,15432	130	18,8919	180	36,2187
31	1,07427	81	7,33429	131	19,1836	181	36,6223
32	1,14469	82	7,51650	132	19,4776	182	37,0281
33	1,21735	83	7,70095	133	19,7739	183	37,4361
34	1,29225	84	7,88763	134	20,0723	184	37,8463
35	1,36938	85	8,07655	135	20,3730	185	38,2588
36	1,44875	86	8,26771	136	20,6760	186	38,6736
37	1,53035	87	8,46110	137	20,9812	187	39,0905
38	1,61419	88	8,65672	138	21,2886	188	39,5097
39	1,70027	89	8,85458	139	21,5982	189	39,9311
40	1,78858	90	9,05468	140	21,9101	190	40,3548
41	1,87913	91	9,25702	141	22,2242	191	40,7807
42	1,97191	92	9,46150	142	22,5406	192	41,2089
43	2,06693	93	9,66839	143	22,8592	193	41,6392
44	2,16418	94	9,87743	144	23,1800	194	42,0719
45	2,26367	95	10,0887	145	23,5030	195	42,5067
46	2,36540	96	10,3022	146	23,8283	196	42,9438
47	2,46936	97	10,5180	147	24,1559	197	43,3831
48	2,57555	98	10,7359	148	24,4856	198	43,8247
49	2,68399	99	10,9562	149	24,8177	199	44,2685
50	2,79466	100	11,1786	150	25,1519	200	44,7145

Nota.– Para valores de n comprendidos entre 200 y 2000 con variaciones de 10 en 10 unidades, así como para los comprendidos entre 2000 y 20000, pueden utilizarse los valores que figuran en la Tabla, multiplicados por 100 para los primeros y por 10000 para los segundos.

Ejemplo.– Para n igual a 150, 1500 y 15000, k es igual a 25,1519, 2515,19 y 251519.

NOTA. – ESTA TABLA ES COMPLEMENTO DE LA EXPOSICION DE LA PAGINA 113

Flexión, tracción y compresión	*MADERAS PARA LA CONSTRUCCION Y TENSIONES ADMISIBLES*	TABLA 10.14

Maderas de construcción

Las maderas empleadas para elementos estructurales son, generalmente, las procedentes de coníferas, haya y roble.

Las barras o vigas de madera, normalmente son de sección cuadrada o rectangular y circular.

Módulo de elasticidad

Clase de madera	En el sentido de las fibras ═ E kg/cm²	Normalmente a las fibras ⊥ E kg/cm²
Coníferas	100000	3600
Haya o roble	125000	6000

Tensiones admisibles

Tipo de solicitación	CALIDAD						Observaciones
	I		II		III		
	Coníferas	Haya y roble	Coníferas	Haya y roble	Coníferas	Haya y roble	
	$\sigma_{máx}$ Kg/cm²		$\sigma_{máx}$ kg/cm²		$\sigma_{máx}$ kg/cm²		
Flexión	130 1)	140	100 1)	110	70	75	1) En maderas de alerce son admisibles valores superiores en 10 kg/cm² 2) En maderas de alerce son admisibles valores superiores en 5 kg/cm². El saliente de las carreras más allá de la superficie comprimida y en el sentido de las fibras, será por ambos lados vez y media la altura h de la carrera. En ondamios con madera recien cortada y en elementos situados en el agua, se reducirán los valores de las tensiones admisibles a 2/3.
Flexión en vigas contínuas sin articulación	140 2)	155	110 2)	120	75	80	
Tracción en el sentido de las fibras.	105	110	85	100	0	0	
Compresión en el sentido de las fibras	110 2)	120	85 2)	100	60	70	
Compresión normal a la dirección de las fibras.	20	30	20	30	20	30	
Comprobación normal a la dirección de las fibras en elementos en los que no son importantes pequeñas huellas o penetraciones.	25	40	25	40	25	40	
Cortadura en sentido de las fibras y de juntas encoladas.	9	12	9	10	9	10	

Compresión con pandeo

Tensión de comprensión con pandeo, $\sigma_{máx} = \frac{F \cdot \omega}{A}$. Las barras comprimidas con una esbeltez superior a λ = 150 son inadmisibles.

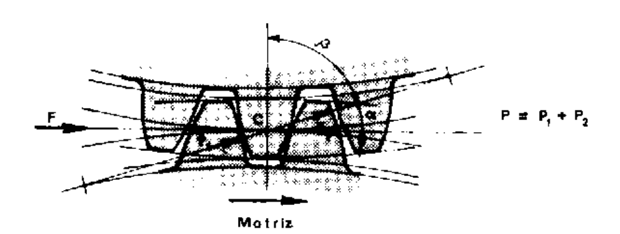
Coeficiente de pandeo ω

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	λ
0	1,00	1,01	1,01	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,06	1,06	0
10	1,07	1,08	1,09	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	10
20	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	20
30	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,32	1,33	1,34	1,35	30
40	1,36	1,38	1,39	1,40	1,42	1,43	1,44	1,46	1,47	1,49	40
50	1,50	1,52	1,53	1,55	1,56	1,58	1,60	1,61	1,63	1,65	50
60	1,67	1,69	1,70	1,72	1,74	1,76	1,79	1,81	1,83	1,85	60
70	1,87	1,90	1,92	1,95	1,97	2,00	2,03	2,05	2,08	2,11	70
80	2,14	2,17	2,21	2,24	2,27	2,31	2,34	2,38	2,42	2,46	80
90	2,50	2,54	2,58	2,63	2,68	2,73	2,78	2,83	2,88	2,94	90
100	3,00	3,07	3,14	3,21	3,28	3,35	3,43	3,50	3,57	3,65	100
110	3,73	3,81	3,89	3,97	4,05	4,13	4,21	4,29	4,38	4,46	110
120	4,55	4,64	4,73	4,82	4,91	5,00	5,09	5,19	5,28	5,38	120
130	5,48	5,57	5,67	5,77	5,88	5,98	6,08	6,19	6,29	6,40	130
140	6,51	6,62	6,73	6,84	6,95	7,07	7,18	7,30	7,41	7,53	140
150	7,65										

Compresión excéntrica

Tensión de compresión con flexión, $\sigma_{máx} = \frac{F \cdot \omega}{A} + 0,85 \cdot \frac{M}{W}$ (compresión en el sentido de las fibras)

CALCULO DE RUEDAS DENTADAS NOTACIONES Y MATERIALES



Notaciones

P, fuerza de presión, máxima según la línea de engrane, kg.
α, ángulo de presión, 15° y 20°.
F, fuerza tangencial o periférica, kg.
M_t, momento de torsión, kg cm $(= 71620 \times \frac{N}{n})$

N, potencia a transmitir, CV.
n, número de revoluciones (n_1 del piñón, n_2 de la rueda).
d, diámetro primitivo (d_1 del piñón, d_2 de la rueda).
r, radio primitivo (r_1 del piñón, r_2 de la rueda).

v, velocidad tangencial, m/seg $(= \frac{\pi r n}{30})$

i, relación de reducción $(= \frac{n_2}{n_1} \geqslant 1)$

Relación práctica, $\lambda = \frac{b}{m}$ (ancho del diente y módulo)

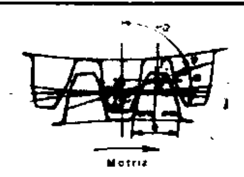
λ, 6 a 8 en dientes en bruto.
λ, 10 a 15 para ruedas sobre soportes asentados en armazones corrientes.
λ, 15 a 25 para ruedas con asiento en cajas de engrase.
λ, $\leqslant$ 30 para ruedas sobre soportes de rodamientos y árboles muy rígidos.

MATERIALES PARA RUEDAS DENTADAS
CARACTERISTICAS

TABLA 11.14

MATERIAL	Resistencia a la tracción kg/mm²	Dureza Brinell DB	Tensión de trabajo σ_{ad} kg/cm²
Fundición gris de 21 kg (F-812)	⩾ 18	150 a 180	350 a 450
Fundición gris de 28 kg (F-813)	⩾ 22	180 a 200	450 a 550
Fundición gris de 35 kg (F-814)	⩾ 29	200 a 220	550 a 650
Acero suave (F-112) o acero fundido	⩾ 42	125 a 155	650 a 750
Acero semi-suave, como F-113	50 a 60	150 a 175	850 a 1100
Acero semi-duro, como F-114	60 a 70	175 a 205	1000 a 1250
Acero duro, como F-115	70 a 85	205 a 225	1200 a 1400
Acero aleado, como F-121	85 a 90	230 a 270	1500 a 2000
Acero aleado, como F-124 (templado)	90 a 120	400 a 500	2000 a 2500
Bronce al estaño	20 a 30	65 a 70	600
Bronce al estaño	28 a 35	70 a 85	800

Cálculo de ruedas dentadas	***RUEDAS FRONTALES CON DIENTES RECTOS*** ***CALCULO EN FUNCION DE LA TENSION, PRESION DE RODADURA Y DURACION***



Tensión en el diente

Se considera como caso más desfavorable, que la presión máxima P actue en el extremo del diente.

$$F_h = P\cos\alpha = P\,\mathrm{sen}\,\beta\ ;\ F_v = P\,\mathrm{sen}\,\alpha = P\cos\beta$$

$$M_t = F_h\ r = Pr\cos\alpha\ ;\ P = \frac{M_t}{r\cos\alpha}$$

En el diente, para $M = F_h\ l = P\ l\cos\alpha$, y F_v (esfuerzo de compresión), resulta:

$$\sigma = \frac{M_t}{b\,m\,r}\cdot\left(\frac{6m\ l\ \mathrm{sen}\,\beta}{e^2\cos\alpha} + \frac{m\cos\beta}{e\cos\alpha}\right)$$

Haciendo la expresión comprendida en el paréntesis igual a g, se tiene:

$$\sigma = \frac{M_t\,q}{b\,m\,r} = \frac{F_h\,q}{b\,m} < \sigma\frac{q}{m} < \sigma_{ad}$$

El valor de q, dependiente de α y del número de dientes, se expone en la Tabla $12_1 \cdot 14$, siguiente:

TENSION EN EL DIENTE. – VALORES DE q — TABLA $12_1 \cdot 14$

Angulo de engranaje $\alpha = 15°$

Dentado																										
Dentado exterior	z	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	26	28	30	33	36	40	48	60	76	100	140	200	∞
	q	5,4	5,2	5,1	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	3,9	3,8	3,7	3,6	3,5	3,4	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8
Dentado interior	z	∞	700	360	180	105	75	60	50	42	35	29														
	q	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8														

Angulo de engranaje $\alpha = 20°$

Dentado																				
Dentado exterior	z	10	11	12	13	14	15	16	17	18	21	24	28	34	40	50	65	80	100	∞
	q	5,2	4,8	4,6	4,4	4,1	3,9	3,8	3,6	3,5	3,3	3,2	3,1	3,0	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,5
Dentado interior	z	∞	200	100	70	50	38	30	24	20										
	q	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7										

Presión de rodadura y duración

Presión de rodadura, $k = \frac{3{,}12\ F\ (i \pm 1)}{b\,d\,i}$, kg/cm² ; $bd^2 = \frac{6{,}25\ M_t\ (i \pm 1)}{k\,i}$, cm³

(+ i para dientes convesos, – i para dientes cóncavos)

La presión de rodadura k para el acero, correspondiente a 5000 horas de duración, figura en la Tabla $12_2 \cdot 14$ que sigue ; las presiones de rodadura para otro número de horas de trabajo es $k' = k\,\psi$, figurando también en la Tabla los valores de ψ. Para rueda de fundición gris $k_f = 1{,}5\ k$.

El valor del módulo, es $m = \sqrt[3]{\frac{6250\ M_t\ (i \pm 1)}{\lambda\ z^2\ k\ i}} = \sqrt[3]{\frac{448 \cdot 10^6\ (i \pm 1)}{\lambda\ z^2\ k\ i}\cdot\frac{N}{n}}$, mm.

Para determinar el módulo, previamente se fijarán b, z y λ

VALORES DE k (kg/cm²) PARA 5000 HORAS DE DURACION — TABLA $12_2 \cdot 14$

Material de la rueda o del piñón	Dureza Brinell DB	Revoluciones de la rueda o del piñón (n_2 o n_1)										k_{min}
		10	25	50	100	250	500	750	1000	1500	2500	
Fundición gris de 21 kg	170	32	24	19	15	11	8,8	7,7				3,5
Fundición gris de 28 kg	200	60	44	35	28	21	16,5	14,4	13	11,5		7
Acero fundido o suave (F-112)	130	35	26	20	16	12	9,5	8,3	7,5	6,6	5,6	4,3
Acero semi-suave (F-113)	160	53	39	31	25	18	14	12,5	11,5	10	8,5	5,3
Acero semi-duro (F-114)	180	73	53	42	34	25	20	17	16	14	11	6,7
Acero duro (F-115)	210	98	72	57	45	33	27	23	21	18,5	15,5	9,0
Acero aleado (F-121)	230		87	69	55	41	32	28	26	22	19	12
Acero aleado (F-122)	260			89	70	52	41	36	33	28	24	20
Acero aleado (F-123) templado	400				210	155	120	105	95	83	70	60
Acero aleado (F-124) templado	600				370	270	215	190	170	150	125	80

Horas, h	150	312	625	1200	2500	5000	10000	40000	80000	150000
ψ	3,2	2,5	2	1,6	1,25	1	0,8	0,5	0,4	0,3

RUEDAS FRONTALES Y CONICAS



Cálculo aproximado del módulo

Se considera que la fuerza tangencial F (o F_h) está aplicada en el borde del diente; que el ancho del diente es $b = \lambda$ m, la base $e \approx 1,4$ m (espesor), y la altura $h \approx 2 \cdot m$.

Siendo el diente una viga empotrada en la línea de rotura, se tiene:

$$M = 2\ Fm;\ W = \frac{\lambda m\ (1,4\ m)^2}{6} = \frac{1,96\ \lambda\ m^3}{6}$$

$$\sigma = \frac{6 \times 2\ Fm}{1,96\ \lambda\ m^3} \approx \frac{6\ F}{\lambda m^2}\quad ;\quad m = \sqrt{\frac{6F}{\lambda\, \sigma_{ad}}}$$

Ruedas frontales con dientes oblicuos

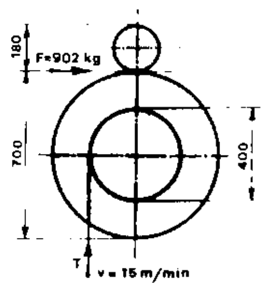
El cálculo de las ruedas frontales con dientes oblícuos, se efectuará como el de las ruedas de dientes rectos, haciendo k un 15 a 25% mayor, y σ de 1,2 a 1,4 veces mayor que las de dientes rectos.

Ruedas cónicas

Para las ruedas con dientes rectos se hará $bd^2 = \frac{6,25\ M_t}{k} \cdot \sqrt{\frac{i^2 + 1}{i^2}}$, y para las de dientes oblícuos se hará k un 15 a 25% mayor, como en las ruedas frontales de dientes oblícuos.

Ejemplo. — Cálculo del piñón de accionamiento y de la corona del tambor de un torno de elevación; la fuerza tangencial debida a la carga es de 902 kg (pág. 138), el diámetro del tambor $d_t = 400$ mm, y la velocidad de elevación $v = 15$ m/min.

Se dispone corona de 700 mm ϕ y se toma piñón de 180 mm ϕ(primitivos).



Considerando $\mu = 0,95$, $F_{máx} = \frac{902}{0,95} = 950$ kg.

Revoluciones del tambor, $n_2 = \frac{v}{\pi d} = \frac{15}{\pi \times 0,4} = 12$ r.p.m.

$i = \frac{700}{180} = 3,9$; $n_1 = 3,9 \times 12 = 47$ r.p.m.

$M_t = F_{máx} \cdot r = 950 \times 9 = 8550$ kgcm.

Tomando para el piñón acero semi-duro, $\sigma_{ad} = 110$kg/cm², y haciendo $\lambda = 15$, el módulo provisional será:

$m = \sqrt{\frac{6 \times 950}{15 \times 1100}} = 0,59$ cm; módulo 6.

Para módulo 6, $z_1 = \frac{180}{6} = 30$ dientes, y $z_2 = \frac{700}{6} = 117$; $i = \frac{117}{30} = 3,9$

En la Tabla 12_2 .14 para $n_1 = 47$ r.p.m.,k = 31 kg/cm², con acero semi suave;
en la misma Tabla, para $n_2 = 12$ r.p.m. y acero fundido (corona), k ≈ 35 kg/cm².
(Los dos valores de k son sensiblemente iguales)

$$bd^2 = \frac{6,25 \times 8550 \times (3,9 + 1)}{31 \times 3,9} = 2166\ cm^3$$

$$m = \sqrt{\frac{2166}{15 \times 31^2}} = 0,53\ cm;\ \text{se toma módulo 6, resultando:}$$

$b = 0,6 \times 15 = 9$ cm; $d = \sqrt{\frac{2166}{9}} = 15,5$ cm; se puede mantener el diámetro propuesto

$d_2 = 180$ mm aunque es algo mayor que el resultante por el cálculo.

Para $z_1 = 30$, $q_1 = 3,1$ y para $z_2 = 117$, $q_2 = 2,5$ ($\alpha = 20°$, Tabla 12_1 .14)

$\sigma_1 = \frac{950 \times 3,1}{9 \times 0,6} = 545$ kg/cm² ($< \sigma_{ad} = 850$kg/cm²); $\sigma_2 = \frac{950 \times 2,5}{9 \times 0,6} = 440$ kg/cm² ($< \sigma_{ad} =$ 650 kg/cm²).

ENGRANAJES DE TORNILLO SIN FIN
CALCULO DEL MODULO Y DEL DIAMETRO PRIMITIVO

Diámetro del tornillo sin fin

El tornillo sin fin está sometido a esfuerzos de: compresión axial, flexión, y torsión, resultantes de la fuerza F que se transmite (pág. 341). El diámetro d_o del núcleo puede calcularse para el esfuerzo de torsión considerando para el material un coeficiente de trabajo admisible reducido; según la calidad del acero para la fabricación del tornillo sin fin, se hace:

$$d_o = 13{,}44 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$$, para aceros aleados ($T_{ad} = 150$ kg/cm²).

$$d_o = 12{,}21 \sqrt[3]{\frac{N}{n}}$$, para acero tratado (cementado y rectificado, $\sigma_{ad} = 200$ kg/cm²).

Módulo

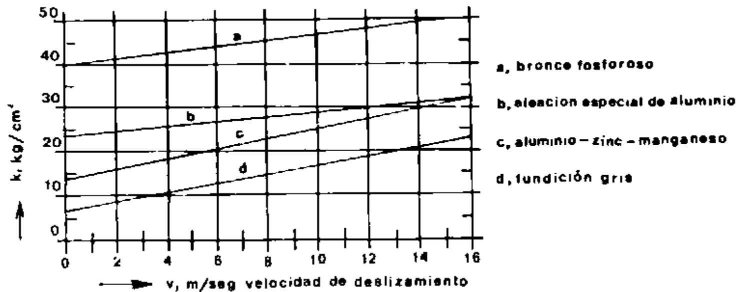
Para el cálculo del módulo, se hace:

$$m \approx 8{,}6 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_t}{k \cdot \lambda \cdot z_1}} \approx 3{,}56 \sqrt[3]{\frac{10^6}{k \cdot \lambda \cdot z_2} \cdot \frac{N}{n}},$$

siendo k el coeficiente de carga (presión sobre los flancos de los dientes) dependiente de la calidad del material y de la velocidad tangencial de la rueda, λ la relación entre el ancho B_d del diente de la corona y el módulo ($\lambda = B_d/m$, siendo $B_d = B \cdot 1{,}1$ a 1.2). La velocidad tangencial es:

$$v = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n}{60}$$

Los valores de k para distintos materiales y velocidades de deslizamiento, se exponen en la gráfica siguiente:

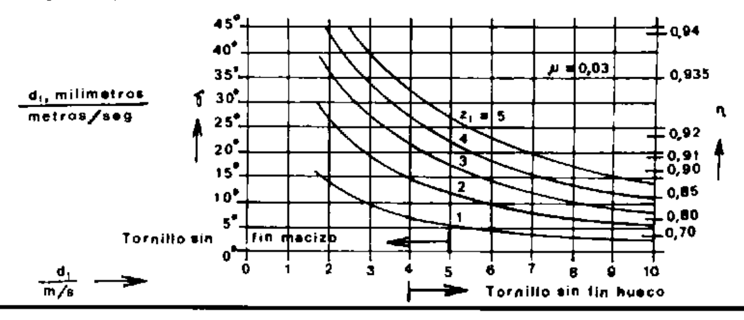


Rendimiento

El coeficiente de razonamiento μ depende principalmente de la velocidad de deslizamiento y de la lubricación; en engranajes de calidad media se puede tomar:

Corona de bronce . . . . $\mu = 0{,}01$ con velocidades hasta 15 m/seg.
Corona de aluminio especial . . . . $\mu = 0{,}025$ con velocidades hasta 15 m/seg.
Corona de aluminio y zinc . . . . $\mu = 0{,}050$ con velocidades hasta 10 m/seg.
Corona de fundición gris . . . . $\mu = 0{,}10$ con velocidades hasta 5 m/seg.

Los rendimientos máximos en las condiciones de velocidad expresadas y con buena lubricación, se expresan en la gráfica que sigue, en función del diámetro primitivo y de la velocidad de deslizamiento.



ENGRANAJES DE TORNILLO SIN FIN EJEMPLO DE CALCULO

Ejemplo de cálculo

Engranaje de tornillo sin fin para transmitir 20 C.V. (efectivos) a 150 revoluciones por minuto por medio de un motor de 1000 r.p.m.

Admitiendo en el motor un resbalamiento del 4%, el número de revoluciones reales será:

$$n = 1000 \times (100 - 4) = 960 \text{ r.p.m.}$$

Previo tanteo, se supone que el rendimiento del engranaje será $\eta = 0{,}90$, y el módulo $m = 10$, con tornillo sin fin de 4 dientes (filetes o entradas).

Potencia del motor, $N = \frac{20}{0{,}9} = 22{,}22$ C.V.

Disponiendo para el tornillo sin fin acero aleado ($\sigma_{ad} = 200$ kg/cm²), su núcleo será:

$$d_0 = 13{,}44 \times \sqrt[3]{\frac{25}{960}} = 3{,}9 \text{ cm.}$$

Haciendo $d_1 = 8 \cdot m$, el diámetro primitivo resulta:

$$d_1 = 8 \times 10 = 80 \text{ mm } (d_0 = 80 - 2 \times 1{,}2 = 56 \text{ mm} > 3{,}9 \text{ cm}).$$

La reducción del engranaje es, $i = \frac{960}{150} = 6{,}4$; $i_2 = 6{,}4 \times 4 = 25{,}6 \approx 26$

La velocidad tangencial del sin fin, $v = \frac{\pi \times 0{,}08 \times 960}{60} = 4{,}02$ m/seg.

El coeficiente de carga, para bronce fosforoso en la corona, según la gráfica de la página anterior, para $v = 4{,}02$ resulta $k = 43$ kg/cm².

Tomando $\lambda = 8$, el módulo será:

$$m \approx 3{,}56 \times \sqrt[3]{\frac{10^6}{43 \times 8 \times 26} \times \frac{22{,}22}{150}} = 9{,}1 \approx 10$$

El paso del tornillo sin fin, es:

$$P_{h1} = 10 \times \pi \times 4 = 125{,}6637 \text{ mm, y su ángulo:}$$

$$\text{tg } \beta = \frac{\pi \times 80}{125{,}6637} = 2{,}0; \ \beta_1 = 63{,}435^\circ$$

Para facilitar el tallado de la rueda, haciendo $\beta_1 = 65^\circ$ el diámetro primitivo del tornillo sin fin, es:

$$d_1 = \frac{P_{h1} \cdot \text{tg } \beta_1}{\pi} = \frac{125{,}6637 \times 2{,}1445}{\pi} = 85{,}78 \text{ mm.}$$

$$d_2 = 26 \times 10 = 260 \text{ mm; la distancia entre centros, } C = \frac{85{,}78 + 260}{2} = 172{,}89 \text{ mm.}$$

Angulo complementario, $\gamma = 90^\circ - 65^\circ = 25^\circ$ $(= \beta_2)$

La velocidad tangencial del sin fin, $v = \frac{\pi \times 85{,}78 \times 960}{60} = 4{,}31$ m/seg.

$$\frac{d_1}{v} = \frac{85{,}78}{4{,}31} = 19{,}90 \text{ m/seg.}$$

Para d_1/v 19,9 m/seg y $\gamma = 25^\circ$, según la gráfica de la página anterior, el rendimiento del engranaje es ligeramente superior a 0,92, por consiguiente, el supuesto $\eta = 0{,}90$ y $m = 10$, se cumple, resultando:

Engranaje de tornillo sin fin de 4 filetes (z_1) y 26 dientes (z_2), módulo 10, con una reducción $i = 6{,}4$, que puede transmitir 20 C.V.

TRAZADO DE LOS DIENTES

Forma de los dientes

En los engranajes puede darse a las curvas laterales de los dientes formas diversas, pero normalmente se suele adoptar la forma cicloidal o la de evolvente de círculo, esta última más generalizada.

El ángulo de presión, factor importante por su influencia en el trazado de los dientes, normalmente se hace igual a 20°, en determinados casos de 25°, sin olvidar los de 14° 30′ o de 15°, muy empleados en otro tiempo.

Trazado cicloidal del dentado

El trazado cicloidal de los dientes de un engranaje solamente sirve para cada pareja (piñón y rueda); está formado, en la cabeza del diente por una parte de epicicloide, y al pie por otra de hipocicloide, ambas en su arranque.

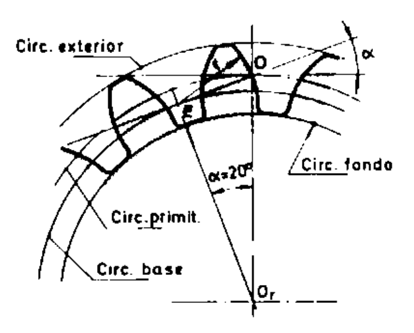
Las ruedas generatrices de las cicloides pueden ser cualesquiera, pero generalmente se hace que su diámetro sea igual a un tercio del de las respectivas ruedas primitivas; el camino o base asimismo es la respectiva circunferencia primitiva.

El trazado cicloidal de los dientes de un engranaje se ha realizado en la página 558; para la determinación de puntos de las cicloides se han tomado sobre las circunferencias de base (primitivas), posiciones de las circunferencias generatrices, situadas a un medio del espesor circular de los dientes. El trazado se ha efectuado de acuerdo con el de la página 16.

Trazado en evolvente de los dientes

Para el trazado del perfil de los dientes según una evolvente de círculo, en la página 559 se han considerado los puntos E_1 y E_2 de tangencia de la línea de presión (20°) con las circunferencias base del piñón y rueda. Para el trazado del piñón se ha dividido el arco 1-E_1 en dos partes iguales y se han tomado estas dos partes iguales a cada una de aquellas; para el trazado del perfil de la rueda, el arco 1-E_2 se ha dividido en cinco partes iguales. Las evolventes se han trazado de acuerdo con el de la página 16 para la correspondiente evolvente de círculo (rueda y piñón).

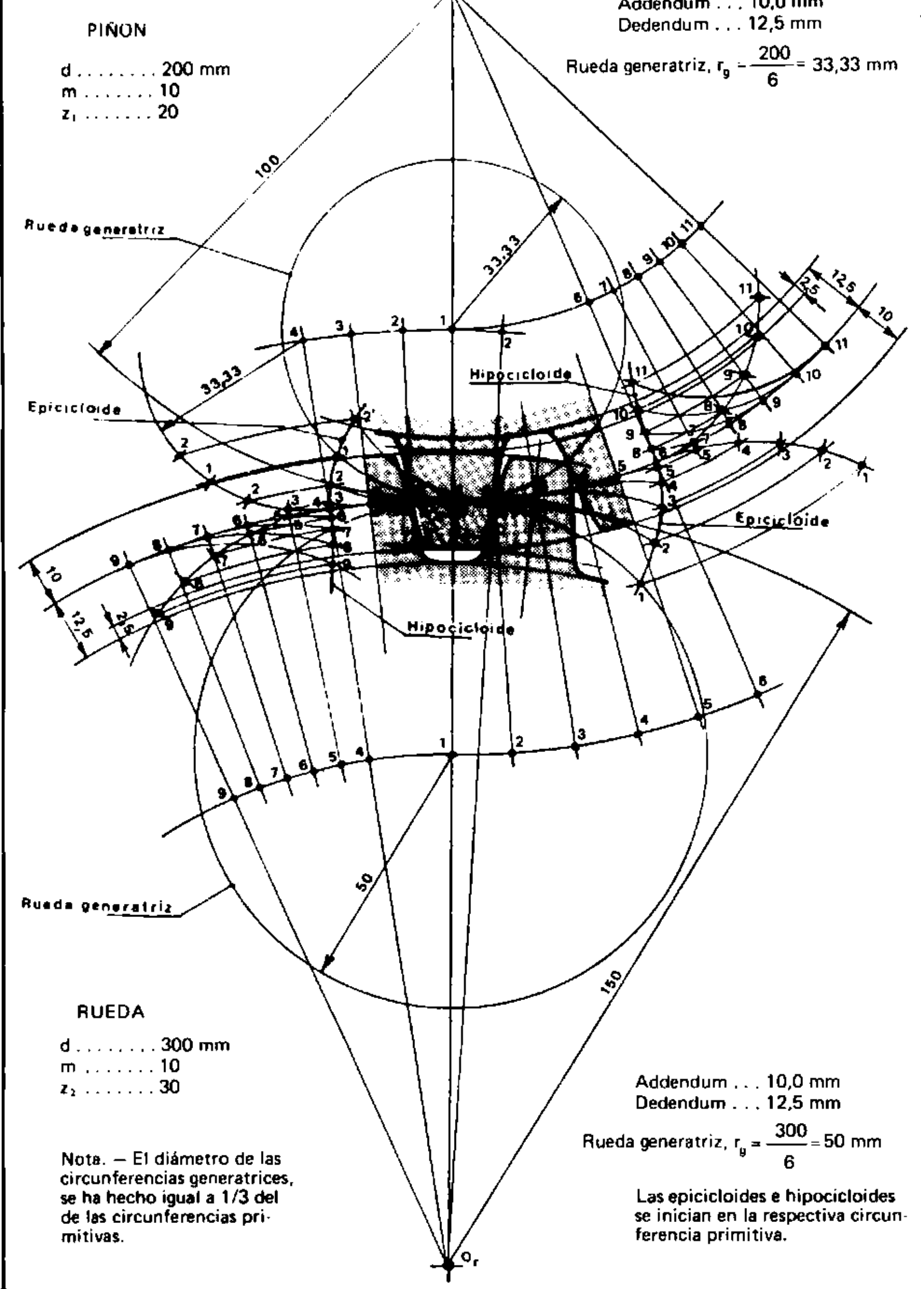
Cuando el diámetro primitivo de una rueda es grande por su número de dientes, en trazado sin compromiso de forma, la evolvente correspondiente al perfil del diente puede substituirse por un arco de círculo descripto desde el punto de tangencia E, como se ha representado en la figura que sigue.



En el caso de ruedas interiores (dentado interior) el trazado del diente no varia, como puede apreciarse en las figuras de la página 559.

En estas ruedas interiores, el diámetro exterior $d_2 = m \cdot (z-2) = d - 2 \cdot m$; el diámetro del fondo $df = m \cdot (z + 2{,}5) = d + 2{,}5 \cdot m$, y la distancia entre centros $C = \frac{d_2 - d_1}{2} = m \cdot (\frac{Z_2 - Z_1}{2})$

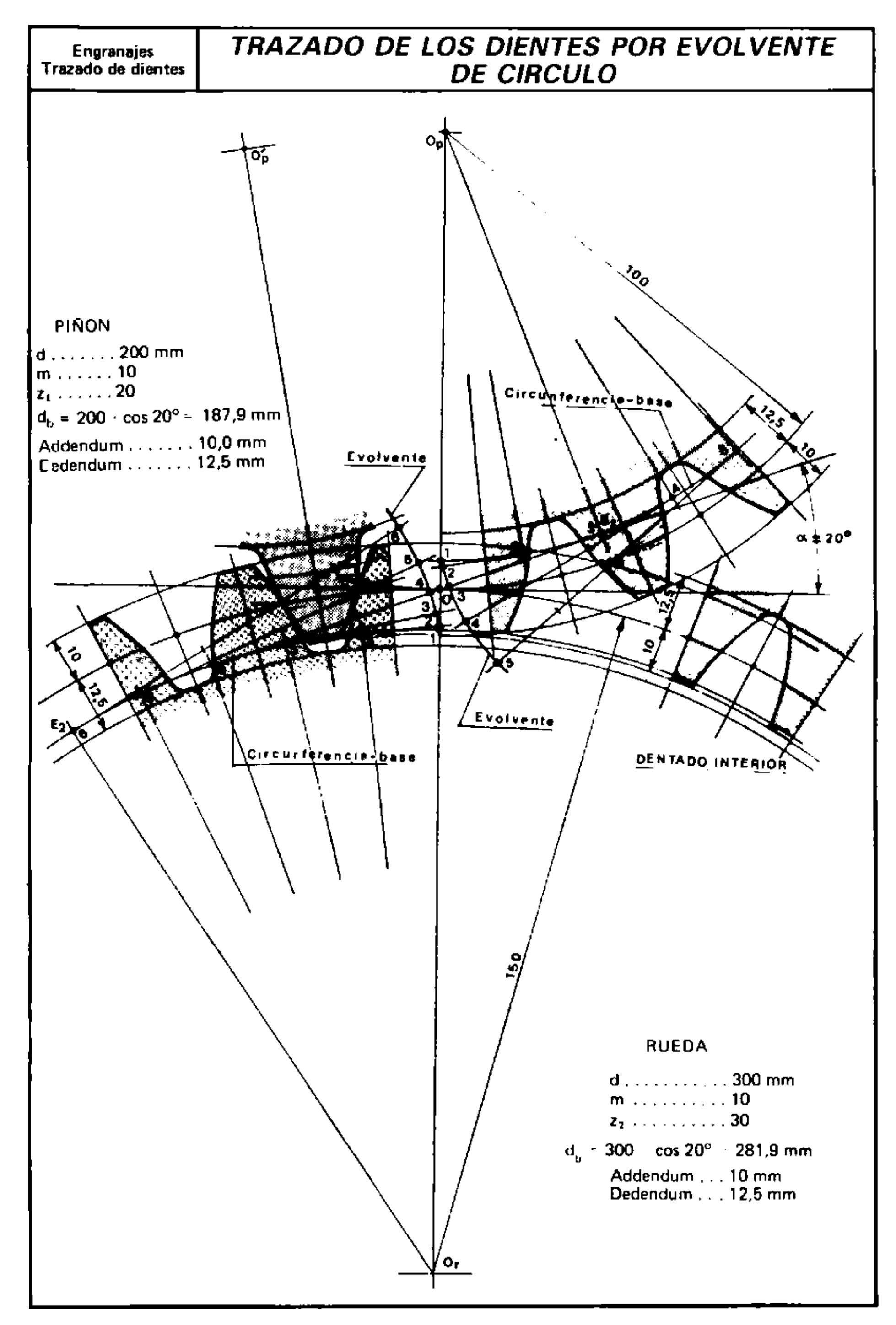
TRAZADO CICLOIDAL DE LOS DIENTES



Nota. — El diámetro de las circunferencias generatrices, se ha hecho igual a 1/3 del de las circunferencias primitivas.

Las epicicloides e hipocicloides se inician en la respectiva circunferencia primitiva.

TRAZADO DE LOS DIENTES POR EVOLVENTE DE CIRCULO



REPRESENTACIÓN DE ENGRANAJES

REPRESENTACIÓN DE UN ENGRANAJE CILINDRICO DE DENTADO RECTO

EJEMPLO

Según cálculo de resistencia (pág. 554) se ha de representar un engranaje formado por un piñón de 30 dientes con una rueda de 117 dientes; es de módulo 6 con un ancho de rueda de 90 mm.

a) PIÑÓN

Diámetro primitivo . . . $d_1 = 30 \times 6 = 180$ mm

Diámetro exterior . . . . $d_{e1} = 180 + 2 \times 6 = 192$ mm.

Ancho del diente ($\approx$ B + 5 mm.) $B = 90 + 5 = 95$ mm.

Espesor cordal (para comprobación del diente) $e_1 = 6 \times 30 \times \text{sen}\,\frac{90}{30} = 9{,}4205$ mm.

Altura cordal (para comprobación del diente) . . . . . $a_{c1} = 6 \times \left[1 + \frac{30}{2} \times (1 - \cos\frac{90}{30})\right] = 6{,}1232$ mm

b) RUEDA

Diámetro primitivo . . . . $d_2 = 117 \times 6 = 702$ mm.

Diámetro exterior . . . . $d_{e2} = 702 + 2 \times 6 = 714$ mm.

Ancho del diente $B = 90$ mm.

Espesor cordal (para comprobación del diente) . . . . $e_2 = 6 \times 117 \times \text{sen}\,\frac{90}{117} = 9{,}4245$ mm.

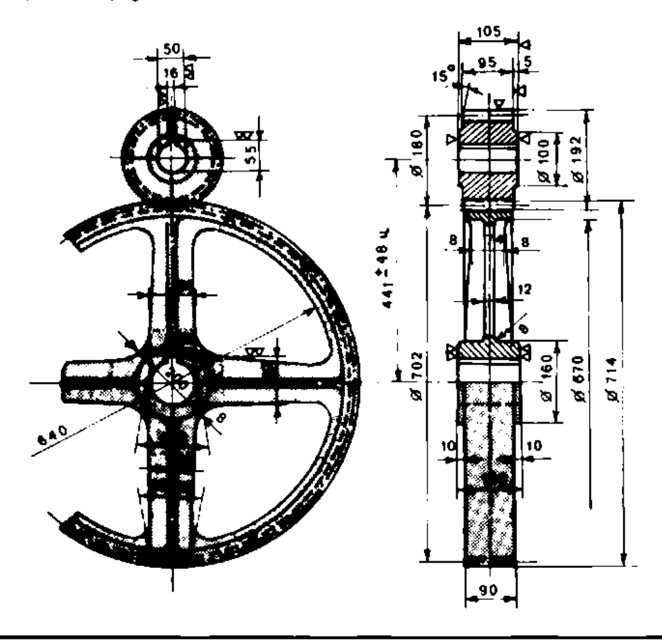
Altura cordal (para comprobación del diente) . . . . . . $a_{c2} = 6 \times \left[1 + \frac{117}{2} \times (1 - \cos\frac{90}{117})\right] = 6{,}0316$ mm

Distancia entre centros . . . . $C = \frac{180 + 702}{2} = 441$ mm

Los engranajes, por su servicio, son de buena calidad, a la que se aplicará el grado 8 (pág. 118).

La calidad de tolerancia a aplicar es la IT-8, que para 441 mm corresponde 97μ, por lo que la distancia entre centros, será C = 441 mm ± 48μ.

Con los datos determinados se representa el conjunto del engranaje para su ejecución en el taller; las dimensiones del cubo (diámetro y ancho, supuestos), corona, alma y brazos, se han fijado de acuerdo con las dimensiones prácticas (pág. 331).



SECCIÓN DECIMOQUINTA

SEGUNDA AMPLIACIÓN. TABLAS DE CONVERSIÓN Y OTRAS

Potencias y raíces	CUADRADO, CUBO, RAÍCES CUADRADA Y CÚBICA. N.os 1 a 100	Tabla 1₁.15

CUADRADO, CUBO, RAÍCES CUADRADA Y CÚBICA. N.os 1 a 100

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
1	1	1	1,0000	1,0000	50	2500	125000	7,0711	3,6840
2	4	8	1,4142	1,2599	51	2601	132651	7,1414	3,7084
3	9	27	1,7321	1,4422	52	2704	140608	7,2111	3,7325
4	16	64	2,0000	1,5874	53	2809	148877	7,2801	3,7563
					54	2916	157464	7,3485	3,7798
5	25	125	2,2361	1,7100	55	3025	166375	7,4162	3,8030
6	36	216	2,4495	1,8171	56	3136	175616	7,4833	3,8259
7	49	343	2,6458	1,9129	57	3249	185193	7,5498	3,8485
8	64	512	2,8284	2,0000	58	3364	195112	7,6158	3,8709
9	81	729	3,0000	2,0801	59	3481	205379	7,6811	3,8930
10	100	1000	3,1623	2,1544	60	3600	216000	7,7460	3,9149
11	121	1331	3,3166	2,2240	61	3721	226981	7,8102	3,9365
12	144	1728	3,4641	2,2891	62	3844	238328	7,8740	3,9579
13	169	2197	3,6056	2,3513	63	3969	250017	7,9373	3,9791
14	196	2741	3,7417	2,4101	64	4096	262144	8,0000	4,0000
15	225	3375	3,8730	2,4662	65	4225	274625	8,0623	4,0207
16	256	4096	4,0000	2,5198	66	4356	287496	8,1240	4,0412
17	289	4913	4,1231	2,5713	67	4489	300763	8,1854	4,0615
18	324	5832	4,2426	2,6207	68	4624	314432	8,2462	4,0817
19	361	6859	4,3589	2,6684	69	4761	328509	8,3066	4,1016
20	400	8000	4,4721	2,7144	70	4900	343000	8,3666	4,1213
21	441	9261	4,5826	2,7589	71	5041	357911	8,4261	4,1408
22	484	10648	4,6904	2,8020	72	5184	373248	8,4853	4,1602
23	529	12167	4,7958	2,8439	73	5329	389017	8,5440	4,1793
24	576	13824	4,8990	2,8845	74	5476	405224	8,6023	4,1983
25	625	15625	5,0000	2,9240	75	5625	421875	8,6603	4,2172
26	676	17576	5,0990	2,9625	76	5776	438976	8,7178	4,2358
27	729	19683	5,1962	3,0000	77	5929	456533	8,7750	4,2543
28	784	21952	5,2915	3,0366	78	6084	474552	8,8318	4,2727
29	841	24389	5,3852	3,0723	79	6241	493039	8,8882	4,2908
30	900	27000	5,4772	3,1072	80	6400	512000	8,9443	4,3089
31	961	29791	5,5678	3,1414	81	6561	531441	9,0000	4,3267
32	1024	32768	5,6569	3,1748	82	6724	551368	9,0554	4,3445
33	1089	35937	5,7446	3,2075	83	6889	571787	9,1104	4,3621
34	1156	39304	5,8310	3,2396	84	7056	592704	9,1652	4,3795
35	1225	42875	5,9161	3,2711	85	7225	614125	9,2195	4,3968
36	1296	46656	6,0000	3,3019	86	7396	636056	9,2736	4,4140
37	1369	50653	6,0828	3,3322	87	7569	658503	9,3274	4,4310
38	1444	54872	6,1644	3,3620	88	7744	681472	9,3808	4,4480
39	1521	59319	6,2450	3,3912	89	7921	704969	9,4340	4,4647
40	1600	64000	6,3246	3,4200	90	8100	729000	9,4868	4,4814
41	1681	68921	6,4031	3,4482	91	8281	753571	9,5394	4,4979
42	1764	74088	6,4807	3,4760	92	8464	778688	9,5917	4,5144
43	1849	79507	6,5574	3,5034	93	8649	804357	9,6437	4,5307
44	1936	85184	6,6332	3,5303	94	8836	830584	9,6954	4,5468
45	2025	91125	6,7082	3,5569	95	9025	857375	9,7468	4,5629
46	2116	97336	6,7823	3,5830	96	9216	884736	9,7980	4,5789
47	2209	103823	6,8557	3,6088	97	9409	912673	9,8489	4,5947
48	2304	110592	6,9282	3,6342	98	9604	941192	9,8995	4,6104
49	2401	117649	7,0000	3,6593	99	9801	970299	9,9499	4,6261
50	2500	125000	7,0711	3,6840	100	10 000	1 000000	10,0000	4,6416

Cuadrado de un número de 1 a 3 cifras. Se toma directamente de las Tablas; ejemplos.

Cuadrado de 95 · 9025
Cuadrado de 955 = 912025

Cuadrado de un número de 1 a 3 cifras seguidas de ceros

Es el cuadrado del número de 1 a 3 cifras seguido de dos veces el número de ceros contenidos después de aquel; ejemplo $1500^2 = 2250000$ ($15^2 = 225$)
$45600^2 = 2079360000$

Cuadrado de un número no comprendido en las Tablas.

Ejemplo. 4563^2
$4563^2 \approx 4560^2 = 20793600$ (por defecto)
$4563^2 \approx 4570^2 = 20884900$ (por exceso)

Cuadrado e potencias de 10

En todos los casos, la unidad seguida de dos veces el número de ceros que contiene la base de la potencia.

$10^2 = 100$
$100^2 = 10000$
$1000^2 = 1000000$

Potencias y raíces	*CUADRADO, CUBO, RAÍCES CUADRADA Y CÚBICA. N.os 100 a 200*	Tabla 1_2.15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
100	10000	1000000	10,0000	4,6416	150	22500	3375000	12,2474	5,3133
101	10201	1030301	10,0499	4,6570	151	22801	2442951	12,2882	5,3251
102	10404	1061208	10,0995	4,6723	152	23104	3511808	12,3288	5,3368
103	10609	1092727	10,1489	4,6875	153	23409	3581577	12,3693	5,3485
104	10816	1124864	10,1980	4,7027	154	23716	3652264	12,4097	5,3601
105	11025	1157625	10,2470	4,7177	155	24025	3723875	12,4499	5,3717
106	11236	1191016	10,2956	4,7326	156	24336	3796416	12,4900	5,3832
107	11449	1225043	10,3441	4,7475	157	24649	3869893	12,5300	5,3947
108	11664	1259712	10,3923	4,7622	158	24964	3944312	12,5698	5,4061
109	11881	1295029	10,4403	4,7769	159	25281	4019679	12,6095	5,4175
110	12100	1331000	10,4881	4,7914	160	25600	4096000	12,6491	5,4288
111	12321	1367631	10,5357	4,8059	161	25921	4173281	12,6886	5,4401
112	12544	1404928	10,5830	4,8203	162	26244	4251528	12,7279	5,4514
113	12769	1442897	10,6301	4,8346	163	26569	4330747	12,7671	5,4626
114	12996	1481544	10,6771	4,8488	164	26896	4410944	12,8062	5,4737
115	13225	1520875	10,7238	4,8629	165	27225	4492125	12,8452	5,4848
116	13456	1560896	10,7703	4,8770	166	27556	4574296	12,8841	5,4959
117	13689	1601613	10,8167	4,8910	167	27889	4657463	12,9228	5,5069
118	13924	1643032	10,8628	4,9049	168	28224	4741632	12,9615	5,5178
119	14161	1685159	10,9087	4,9187	169	28561	4826809	13,0000	5,5288
120	14400	1728000	10,9545	4,9324	170	28900	4913000	13,0384	5,5397
121	14641	1771561	11,0000	4,9461	171	29241	5000211	13,0767	5,5505
122	14884	1815848	11,0454	4,9597	172	29584	5088448	13,1149	5,5613
123	15129	1860867	11,0905	4,9732	173	29929	5177717	13,1529	5,5721
124	15376	1906624	11,1355	4,9866	174	30276	5268024	13,1909	5,5828
125	15625	1953125	11,1803	5,0000	175	30625	5359375	13,2288	5,5934
126	15876	2000376	11,2250	5,0133	176	30976	5451776	13,2665	5,6041
127	16129	2048383	11,2694	5,0265	177	31329	5545233	13,3041	5,6147
128	16384	2097152	11,3137	5,0397	178	31684	5639752	13,3417	5,6252
129	16641	2146689	11,3578	5,0528	179	32041	5735339	13,3791	5,6357
130	16900	2197000	11,4018	5,0658	180	32400	5832000	13,4164	5,6462
131	17161	2248091	11,4455	5,0788	181	32761	5929741	13,4536	5,6567
132	17424	2299968	11,4891	5,0916	182	33124	6028568	13,4907	5,6671
133	17689	2352637	11,5326	5,1045	183	33489	6128487	13,5277	5,6774
134	17956	2406104	11,5758	5,1172	184	33856	6229504	13,5647	5,6877
135	18225	2460375	11,6190	5,1299	185	34225	6331625	13,6015	5,6980
136	18496	2515456	11,6619	5,1426	186	34596	6434856	13,6382	5,7083
137	18769	2571353	11,7047	5,1551	187	34969	6539203	13,6748	5,7185
138	19044	2628072	11,7473	5,1676	188	35344	6644672	13,7113	5,7287
139	19321	2685619	11,7898	5,1801	189	35721	6751269	13,7477	5,7388
140	19600	2744000	11,8322	5,1925	190	36100	6859000	13,7840	5,7489
141	19881	2803221	11,8743	5,2048	191	36481	6967871	13,8203	5,7590
142	20164	2863288	11,9164	5,2171	192	36864	7077888	13,8564	5,7690
143	20449	2924207	11,9583	5,2293	193	37249	7189057	13,8924	5,7790
144	20736	2985984	12,0000	5,2415	194	37636	7301384	13,9284	5,7890
145	21025	3048625	12,0416	5,2536	195	38025	7414875	13,9642	5,7989
146	21316	3112136	12,0830	5,2656	196	38416	7529536	14,0000	5,8088
147	21609	3176523	12,1244	5,2776	197	38809	7645373	14,0357	5,8186
148	21904	3241792	12,1655	5,2896	198	39204	7762392	14,0712	5,8285
149	22201	3307949	12,2066	5,3015	199	29601	7880599	14,1067	5,8383
150	22500	3375000	12,2474	5,3133	200	40000	8000000	14,1421	5,8480

Cuadrado de números decimales

Ejemplo.– $45,6^2$

$456^2 = 207936$
$45,6^2 = 2079,36$

Se toma el cuadrado del número como si fuese entero, y se disponen decimales del modo siguiente:

2 decimales en el cuadrado por 1 del número
4 " " " " " 2 " "
6 " " " " " 3 " "
2n " " " " " n " "

Ejemplo.– $0,456^2$

$456^2 = 207936$
$0,456^2 = 0,207936$

Potencias y raíces	*CUADRADO, CUBO, RAÍCES CUADRADA Y CÚBICA. N.os 200 a 300*	Tabla 1_3.15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
200	40000	8000000	14,1421	5,8480	250	62500	15625000	15,8114	6,2996
201	40401	8120601	14,1774	5,8578	251	63001	15813251	15,8430	6,3080
202	40804	8242408	14,2127	5,8675	252	63504	16003008	15,8715	6,3164
203	41209	8365427	14,2478	5,8771	253	64009	16194277	15,9060	6,3247
204	41616	8489664	14,2829	5,8868	254	64516	16387064	15,9374	6,3330
205	42025	8615125	14,3178	5,8964	255	65025	16581375	15,9687	6,3413
206	42436	8741816	14,3527	5,9059	256	65536	16777216	16,0000	6,3496
207	42849	8869743	14,3875	5,9155	257	66049	16974593	16,0312	6,3579
208	43264	8998912	14,4222	5,9250	258	66564	17173512	16,0624	6,3661
209	43681	9129329	14,4568	5,9345	259	67081	17373979	16,0935	6,3743
210	44100	9261000	14,4914	5,9439	260	67600	17576000	16,1245	6,3825
211	44521	9393931	14,5258	5,9533	261	68121	17779581	16,1555	6,3907
212	44944	9528128	14,5602	5,9627	262	68644	17984728	16,1864	6,3988
213	45369	9663597	14,5945	5,9721	263	69169	18191447	16,2173	6,4070
214	45796	9800344	14,6287	5,9814	264	69696	18399744	16,2481	6,4151
215	46225	9938375	14,6629	5,9907	265	70225	18609625	16,2788	6,4232
216	46656	10077696	14,6969	6,0000	266	70756	18821096	16,3095	6,4312
217	47089	10218313	14,7309	6,0092	267	71289	19034163	16,3401	6,4393
218	47524	10360232	14,7648	6,0185	268	71824	19248832	16,3707	6,4473
219	47961	10503459	14,7986	6,0277	269	72361	19465109	16,4012	6,4553
220	48400	10648000	14,8324	6,0368	270	72900	19683000	16,4317	6,4633
221	48841	10793861	14,8661	6,0459	271	73441	19902511	16,4621	6,4713
222	49284	10941048	14,8997	6,0550	272	73984	20123648	16,4924	6,4792
223	49729	11089567	14,9332	6,0641	273	74529	20346417	16,5227	6,4872
224	50176	11239424	14,9666	6,0732	274	75076	20570824	16,5529	6,4951
225	50625	11390625	15,0000	6,0822	275	75625	20796875	16,5831	6,5030
226	51076	11543176	15,0333	6,0912	276	76176	21024576	16,6132	6,5108
227	51529	11697083	15,0665	6,1002	277	76729	21253933	16,6433	6,5187
228	51984	11852352	15,0997	6,1091	278	77284	21484952	16,6733	6,5265
229	52441	12008989	15,1327	6,1180	279	77841	21717639	16,7033	6,5343
230	52900	12167000	15,1658	6,1269	280	78400	21952000	16,7332	6,5421
231	53361	12326391	15,1987	6,1358	281	78961	22188041	16,7631	6,5499
232	53824	12487168	15,2315	6,1446	282	79524	22425768	16,7929	6,5577
233	54289	12649337	15,2643	6,1534	283	80089	22665187	16,8226	6,5654
234	54756	12812904	15,2971	6,1622	284	80656	22906304	16,8523	6,5731
235	55225	12977875	15,3297	6,1710	285	81225	23149125	16,8819	6,5808
236	55696	13144256	15,3623	6,1797	286	81796	23393656	16,9115	6,5885
237	56169	13312053	15,3948	6,1885	287	82369	23639903	16,9411	6,5962
238	56644	13481272	15,4272	6,1972	288	82944	23887872	16,9706	6,6039
239	57121	13651919	15,4596	6,2058	289	83521	24137569	17,0000	6,6115
240	57600	13824000	15,4919	6,2145	290	84100	24389000	17,0294	6,6191
241	58081	13997521	15,5242	6,2231	291	84681	24642171	17,0587	6,6267
242	58564	14172488	15,5563	6,2317	292	85264	24897088	17,0880	6,6343
243	59049	14348907	15,5885	6,2403	293	85849	25153757	17,1172	6,6419
244	59536	14526784	15,6205	6,2488	294	86436	25412184	17,1464	6,6494
245	60025	14706125	15,6525	6,2573	295	87025	25672375	17,1756	6,6569
246	60516	14886936	15,6844	6,2658	296	87616	25934336	17,2047	6,6644
247	61009	15069223	15,7162	6,2743	297	88209	26198073	17,2337	6,6719
248	61504	15252992	15,7480	6,2828	298	88804	26463592	17,2627	6,6794
249	62001	15438249	15,7797	6,2912	299	89401	26730899	17,2916	6,6869
250	62500	15625000	15,8114	6,2996	300	90000	27000000	17,3205	6,6943

Raiz cuadrada de un número de 1 a 3 cifras.

Se toma directamente de las Tablas.

Ejemplos:

$\sqrt{295} = 17{,}1756$

$\sqrt{578} = 24{,}0416$

Raiz cuadrada de un número de 1 a 3 cifras seguidas de grupos de dos ceros.

Es la raíz del número de 1 a 3 cifras desplazando la coma un lugar a la derecha por cada grupo de dos ceros.

$\sqrt{2800} - 52{,}915$; $\sqrt{28} = 5{,}2915$

$\sqrt{3570000} - 1889{,}44$; $\sqrt{357} = 16{,}8944$

Potencias y raíces	CUADRADO, CUBO, RAÍCES CUADRADA Y CÚBICA. N.^{os} 300 a 400	Tabla 1$_4$.15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
300	90000	27000000	17,3205	6,6943	350	122500	42875000	18,7083	7,0473
301	90601	27270901	17,3494	6,7018	351	123201	43243551	18,7350	7,0540
302	91204	27543608	17,3781	6,7092	352	123904	43614208	18,7617	7,0607
303	91809	27818127	17,4069	6,7166	353	124609	43986977	18,7883	7,0674
304	92416	28094464	17,4356	6,7240	354	125316	44361864	18,8149	7,0740
305	93025	28372625	17,4642	6,7313	355	126025	44738875	18,8414	7,0807
306	93636	28652616	17,4929	6,7387	356	126736	45118016	18,8680	7,0873
307	94249	28934443	17,5214	6,7460	357	127449	45499293	18,8944	7,0940
308	94864	29218112	17,5499	6,7533	358	128164	45882712	18,9209	7,1006
309	95481	29503629	17,5784	6,7606	359	128881	46268279	18,9473	7,1072
310	96100	29791000	17,6068	6,7679	360	129600	46656000	18,9737	7,1138
311	96721	30080231	17,6352	6,7752	361	130321	47045881	19,0000	7,1204
312	97344	30371328	17,6635	6,7824	362	131044	47437928	19,0263	7,1269
313	97969	30664297	17,6918	6,7897	363	131769	47832147	19,0526	7,1335
314	98596	30959144	17,7200	6,7969	364	132496	48228544	19,0788	7,1400
315	99225	31255875	17,7482	6,8041	365	133225	48627125	19,1050	7,1466
316	99856	31554496	17,7764	6,8113	366	133956	49027896	19,1311	7,1531
317	100489	31855013	17,8045	6,8185	367	134689	49430863	19,1572	7,1596
318	101124	32157432	17,8326	6,8256	368	135424	49836032	19,1833	7,1661
319	101761	32461759	17,8606	6,8328	369	136161	50243409	19,2094	7,1726
320	102400	32768000	17,8885	6,8399	370	136900	50653000	19,2354	7,1791
321	103041	33076161	17,9165	6,8470	371	137641	51064811	19,2614	7,1855
322	103684	33386248	17,9444	6,8541	372	138384	51478848	19,2873	7,1920
323	104329	33698267	17,9722	6,8612	373	139129	51895117	19,3132	7,1984
324	104976	34012224	18,0000	6,8683	374	139876	52313624	19,3391	7,2048
325	105625	34328125	18,0278	6,8753	375	140625	52734375	19,3649	7,2112
326	106276	34645976	18,0555	6,8824	376	141376	53157376	19,3907	7,2177
327	106929	34965783	18,0831	6,8894	377	142129	53582633	19,4165	7,2240
328	107584	35287552	18,1108	6,8964	378	142884	54010152	19,4422	7,2304
329	108241	35611289	18,1384	6,9034	379	143641	54439939	19,4679	7,2368
330	108900	35937000	18,1659	6,9104	380	144400	54872000	19,4936	7,2432
331	109561	36264691	18,1934	6,9174	381	145161	55306341	19,5192	7,2495
332	110224	36594368	18,2209	6,9244	382	145924	55742968	19,5448	7,2558
333	110889	36926037	18,2483	6,9313	383	146689	56181887	19,5704	7,2622
334	111556	37259704	18,2757	6,9382	384	147456	56623104	19,5959	7,2685
335	112225	37595375	18,3030	6,9451	385	148225	57066625	19,6214	7,2748
336	112896	37933056	18,3303	6,9521	386	148996	57512456	19,6469	7,2811
337	113569	38272753	18,3576	6,9589	387	149769	57960603	19,6723	7,2874
338	114244	38614472	18,3848	6,9658	388	150544	58411072	19,6977	7,2936
339	114921	38958219	18,4120	6,9727	889	151321	58863869	19,7231	7,2999
340	115600	39304000	18,4391	6,9795	390	152100	59319000	19,7484	7,3061
341	116281	39651821	18,4662	6,9864	391	152881	59776471	19,7737	7,3124
342	116964	40001688	18,4932	6,9932	392	153664	60236288	19,7990	7,3186
343	117649	40353607	18,5203	7,0000	393	154449	60698457	19,8242	7,3248
344	118336	40707584	18,5472	7,0068	394	155236	61162984	19,8494	7,3310
345	119025	41063625	18,5742	7,0136	395	156025	61629875	19,8746	7,3372
346	119716	41421736	18,6011	7,0203	396	156816	62099136	19,8997	7,3434
347	120409	41781923	18,6279	7,0271	397	157609	62570773	19,9249	7,3496
348	121104	42144192	18,6548	7,0338	398	158404	63044792	19,9499	7,3558
349	121801	42508549	18,6815	7,0406	399	159201	63521199	19,9750	7,3619
350	122500	42875000	18,7083	7,0473	400	160000	64000000	20,0000	7,3681

Raíz cuadrada de un número no comprendido en las Tablas.

Ejemplos:

$\sqrt{4563}$

$\sqrt{4563} \approx \sqrt{4500}$ 67,082 (por defecto)

$\sqrt{4563} \approx \sqrt{4600}$ 67,823 (por exceso)

Raíz cuadrada de potencias de 10

Es 3,162278 a partir de 10, desplazando la coma un lugar a la derecha por cada grupo de dos ceros

$\sqrt{10}$ - 3,1623; $\sqrt{1000} = 31,6228$, $\sqrt{100000} = 316,2278$

Es 10,0000 a partir de 100, desplazando la coma un lugar a la derecha por cada grupo de dos ceros

$\sqrt{100}$ 10; $\sqrt{10000} = 100$; $\sqrt{1000000}$ – 1000

Potencias y raíces	CUADRADO, CUBO, RAÍCES CUADRADA Y CÚBICA. N.^{os} 400 a 500	Tabla 1_6.15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
400	160000	64000000	20,0000	7,3681	450	202500	91125000	21,2132	7,6631
401	160801	64481201	20,0250	7,3742	451	203401	91733851	21,2368	7,6688
402	161604	64964808	20,0499	7,3803	452	204304	92345408	21,2603	7,6744
403	162409	65450827	20,0749	7,3864	453	205209	92959677	21,2838	7,6801
404	163216	65939264	20,0998	7,3925	454	206116	93576664	21,3073	7,6857
405	164025	66430125	20,1246	7,3986	455	207025	94196375	21,3307	7,6914
406	164836	66923416	20,1494	7,4047	456	207936	94818816	21,3542	7,6970
407	165649	67419143	20,1742	7,4108	457	208849	95443993	21,3776	7,7026
408	166464	67917312	20,1990	7,4169	458	209764	96071912	21,4009	7,7082
409	167281	68417929	20,2237	7,4229	459	210681	96702579	21,4243	7,7138
410	168100	68921000	20,2485	7,4290	460	211600	97336000	21,4476	7,7194
411	168921	69426531	20,2731	7,4350	461	212521	97972181	21,4709	7,7250
412	169744	69934528	20,2978	7,4410	462	213444	98611128	21,4942	7,7306
413	170569	70444997	20,3224	7,4470	463	214369	99252847	21,5174	7,7362
414	171396	70957944	20,3470	7,4530	464	215296	99897344	21,5407	7,7418
415	172225	71473375	20,3715	7,4590	465	216225	100544625	21,5639	7,7473
416	173056	71991296	20,3961	7,4650	466	217156	101194696	21,5870	7,7529
417	173889	72511713	20,4206	7,4710	467	218,089	101847563	21,6102	7,7584
418	174724	73034632	20,4450	7,4770	468	219024	102503232	21,6333	7,7639
419	175561	73560059	20,4695	7,4829	469	219961	103161709	21,6564	7,7695
420	176400	74088000	20,4939	7,4889	470	220900	103823000	21,6795	7,7750
421	177241	74618461	20,5183	7,4948	471	221841	104487111	21,7025	7,7806
422	178084	75151448	20,5426	7,5007	472	222784	105154048	21,7256	7,7860
423	178929	75686967	20,5670	7,5067	473	223729	105823817	21,7486	7,7915
424	179776	76225024	20,5913	7,5126	474	224676	106496424	21,7715	7,7970
425	180625	76765625	20,6155	7,5185	475	225625	107171875	21,7945	7,8025
426	181476	77308776	20,6398	7,5244	476	226576	107850176	21,8174	7,8079
427	182329	77854483	20,6640	7,5302	477	227529	108531333	21,8403	7,8134
428	183184	78402752	20,6882	7,5361	478	228484	109215352	21,8632	7,8188
429	184041	78953589	20,7123	7,5420	479	229441	109902239	21,8861	7,8243
430	184900	79507000	20,7364	7,5478	480	230400	110592000	21,9089	7,8297
431	185761	80062991	20,7606	7,5537	481	231361	111284641	21,9317	7,8352
432	186624	80621568	20,7846	7,5595	482	232324	111980168	21,9545	7,8406
433	187489	81182737	20,8087	7,5654	483	233289	112678587	21,9773	7,8460
434	188356	81746504	20,8327	7,5712	484	234256	113379904	22,0000	7,8514
435	189225	82312875	20,8567	7,5770	485	235225	114084125	22,0227	7,8568
436	190096	82881856	20,8806	7,5828	486	236196	114791256	22,0454	7,8622
437	190969	83453453	20,9045	7,5886	487	237169	115501303	22,0681	7,8676
438	191844	84027672	20,9284	7,5944	488	238144	116214272	22,0907	7,8730
439	192721	84604519	20,9523	7,6001	489	239121	116930169	22,1133	7,8784
440	193600	85184000	20,9762	7,6059	490	240100	117649000	22,1359	7,8837
441	194481	85766121	21,0000	7,6117	491	241081	118370771	22,1585	7,8891
442	195364	86350888	21,0238	7,6174	492	242064	119095488	22,1811	7,8944
443	196249	86938307	21,0476	7,6232	493	243049	119823157	22,2036	7,8998
444	197136	87528384	21,0713	7,6289	494	244036	120553784	22,2261	7,9051
445	198025	88121125	21,0950	7,6346	495	245025	121287375	22,2486	7,9105
446	198916	88716536	21,1187	7,6403	496	246016	122023936	22,2711	7,9158
447	199809	89314623	21,1424	7,6460	497	247009	122763473	22,2935	7,9211
448	200704	89915392	21,1660	7,6517	498	248004	123505992	22,3159	7,9264
449	201601	90518849	21,1896	7,6574	499	249001	124251499	22,3383	7,9317
450	202500	91125000	21,2132	7,6631	500	250000	125000000	22,3607	7,9370

Raíz cuadrada de fracciones.

Fracción ordinaria

$$\sqrt{\frac{324}{672}} = \frac{\sqrt{324}}{\sqrt{672}} = \frac{18}{26} = \frac{9}{13} \ (= 0{,}6923); \quad \text{también} \quad \sqrt{\frac{324}{672}} = \sqrt{0{,}47929} = 0{,}6923$$

Fracción decimal

$$\sqrt{7{,}55} = \frac{\sqrt{755}}{\sqrt{100}} = \frac{27{,}4773}{10} = 2{,}74773; \quad \sqrt{75{,}5} = \frac{\sqrt{755}}{\sqrt{10}} = \frac{27{,}4773}{3{,}1623} = 8{,}689$$

CUADRADO, CUBO, RAÍCES CUADRADA Y CÚBICA. N.^{os} 500 a 600

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
500	250000	125000000	22,3607	7,9370	550	302500	166375000	23,4521	8,1932
501	251001	125751501	22,3830	7,9423	551	303601	167284151	23,4734	8,1982
502	252004	126506008	22,4054	7,9476	552	304704	168196608	23,4947	8,2031
503	253009	127263527	22,4277	7,9528	553	305809	169112377	23,5160	8,2081
504	254016	128024064	22,4499	7,9581	554	306916	170031464	23,5372	8,2130
505	255025	128787625	22,4722	7,9634	555	308025	170953875	23,5584	8,2180
506	256036	129554216	22,4944	7,9686	556	309136	171879616	23,5797	8,2229
507	257049	130323843	22,5167	7,9739	557	310249	172808693	23,6008	8,2278
508	258064	131096512	22,5389	7,9791	558	311364	173741112	23,6220	8,2327
509	259081	131872229	22,5610	7,9843	559	312481	174676879	23,6432	8,2377
510	260100	132651000	22,5832	7,9896	560	313600	175616000	23,6643	8,2426
511	261121	133432831	22,6053	7,9948	561	314721	176558481	23,6854	8,2475
512	262144	134217728	22,6274	8,0000	562	315844	177504328	23,7065	8,2524
513	263169	135005697	22,6495	8,0052	563	316969	178453547	23,7276	8,2573
514	264196	135796744	22,6716	8,0104	564	318096	179406144	23,7487	8,2621
515	265225	136590875	22,6936	8,0156	565	319225	180362125	23,7697	8,2670
516	266256	137388096	22,7156	8,0208	566	320356	181321496	23,7908	8,2719
517	267289	138188413	22,7376	8,0260	567	321489	182284263	23,8118	8,2768
518	268324	138991832	22,7596	8,0311	568	322624	183250432	23,8328	8,2816
519	269361	139798359	22,7816	8,0363	569	323761	184220009	23,8537	8,2865
520	270400	140608000	22,8035	8,0415	570	324900	185193000	23,8747	8,2913
521	271441	141420761	22,8254	8,0466	571	326041	186169411	23,8956	8,2962
522	272484	142236648	22,8473	8,0517	572	327184	187149248	23,9165	8,3010
523	273529	143055667	22,8692	8,0569	573	328329	188132517	23,9374	8,3059
524	274576	143877824	22,8910	8,0620	574	329476	189119224	23,9583	8,3107
525	275625	144703125	22,9129	8,0671	575	330625	190109375	23,9792	8,3155
526	276676	145531576	22,9347	8,0723	576	331776	191102976	24,0000	8,3203
527	277729	146363183	22,9565	8,0774	577	332929	192100033	24,0208	8,3251
528	278784	147197952	22,9783	8,0825	578	334084	193100552	24,0416	8,3300
529	279841	148035889	23,0000	8,0876	579	335241	194104539	24,0624	8,3348
530	280900	148877000	23,0217	8,0927	580	336400	195112000	24,0832	8,3396
531	281961	149721291	23,0434	8,0978	581	337561	196122941	24,1039	8,3443
532	283024	150568768	23,0651	8,1028	582	338724	197137368	24,1247	8,3491
533	284089	151419437	23,0868	8,1079	583	339889	198155287	24,1454	8,3539
534	285156	152273304	23,1084	8,1130	584	341056	199176704	24,1661	8,3587
535	286225	153130375	23,1301	8,1180	585	342225	200201625	24,1868	8,3634
536	287296	153990656	23,1517	8,1231	586	343396	201230056	24,2074	8,3682
537	288369	154854153	23,1733	8,1281	587	344569	202262003	24,2281	8,3730
538	289444	155720872	23,1948	8,1332	588	345744	203297472	24,2487	8,3777
539	290521	156590819	23,2164	8,1382	589	346921	204336469	24,2693	8,3825
540	291600	157464000	23,2379	8,1433	590	348100	205379000	24,2899	8,3872
541	292681	158340421	23,2594	8,1483	591	349281	206425071	24,3105	8,3919
542	293764	159220088	23,2809	8,1533	592	350464	207474688	24,3311	8,3967
543	294849	160103007	23,3024	8,1583	593	351649	208527857	24,3516	8,4014
544	295936	160989184	23,3238	8,1633	594	352836	209584584	24,3721	8,4061
545	297025	161878625	23,3452	8,1683	595	354025	210644875	24,3926	8,4108
546	298116	162771336	23,3666	8,1733	596	355216	211708736	24,4131	8,4155
547	299209	163667323	23,3880	8,1783	597	356409	212776173	24,4336	8,4202
548	300304	164566592	23,4094	8,1833	598	357604	213847192	24,4540	8,4249
549	301401	165469149	23,4307	8,1882	599	358801	214921799	24,4745	8,4296
550	302500	166375000	23,4521	8,1932	600	360000	216000000	24,4949	8,4343

Cubo de un número de 1 a 3 cifras
Directamente, en las Tablas
Ejemplo. 456^3 94818816

Cubo de un número de 1 a 3 cifras seguido de ceros
Es el cubo del número de 1 a 3 cifras seguido de tres veces el número de ceros contenidos después de aquellas
Ejemplo $1500^3 = 3375000000$ ($15^3 = 3375$)
$45600^3 = 94818816000000$

Cubo de un número no comprendido en las Tablas
Ejemplo. 45630^3
$45630^3 \approx 45000^3 = 91125000000000$ (por defecto)
$45630^3 \approx 46000^3 = 93360000000000$ (por exceso)

Cubo e potencias de 10

En todos los casos, la unidad seguida de tres veces el número de ceros que contiene la base de la potencia.

$10^3 = 1000$
$100^3 = 1000000$
$1000^3 = 1000000000$

Potencias y raíces	*CUADRADO, CUBO, RAÍCES CUADRADA Y CÚBICA.* *N.os 600 a 700*	Tabla 1a.15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
600	360000	216000000	24,4949	8,4343	650	422500	274625000	25,4951	8,6624
601	361201	217081801	24,5153	8,4390	651	423801	275894451	25,5147	8,6668
602	362404	218167208	24,5357	8,4437	652	425104	277167808	25,5343	8,6713
603	363609	219256227	24,5561	8,4484	653	426409	278445077	25,5539	8,6757
604	364816	220348864	24,5764	8,4530	654	427716	279726264	25,5734	8,6801
605	366025	221445125	24,5967	8,4577	655	429025	281011375	25,5930	8,6845
606	367236	222545016	24,6171	8,4623	656	430336	282300416	25,6125	8,6890
607	368449	223648543	24,6374	8,4670	657	431649	283593393	25,6320	8,6934
608	369664	224755712	24,6577	8,4716	658	432964	284890312	25,6515	8,6978
609	370881	225866529	24,6779	8,4763	659	434281	286191179	25,6710	8,7022
610	372100	226981000	24,6982	8,4809	660	435600	287496000	25,6905	8,7066
611	373321	228099131	24,7184	8,4856	661	436921	288804781	25,7099	8,7110
612	374544	229220928	24,7386	8,4902	662	438244	290117528	25,7294	8,7154
613	375769	230346397	24,7588	8,4948	663	439569	291434247	25,7488	8,7198
614	376996	231475544	24,7790	8,4994	664	440896	292754944	25,7682	8,7241
615	378225	232608375	24,7992	8,5040	665	442225	294079625	25,7876	8,7285
616	379456	233744896	24,8193	8,5086	666	443556	295408296	25,8070	8,7229
617	380689	234885113	24,8395	8,5132	667	444889	296740963	25,8263	8,7373
618	381924	236029032	24,8596	8,5178	668	446224	298077632	25,8457	8,7416
619	383161	237176659	24,8797	8,5224	669	447561	299418309	25,8650	8,7460
620	384400	238328000	24,8998	8,5270	670	448900	300763000	25,8844	8,7503
621	385641	239483061	24,9199	8,5316	671	450241	302111711	25,9037	8,7547
622	386884	240641848	24,9399	8,5362	672	451584	303464448	25,9230	8,7590
623	388129	241804367	24,9600	8,5408	673	452929	304821217	25,9422	8,7634
624	389376	242970624	24,9800	8,5453	674	454276	306182024	25,9615	8,7677
625	390625	244140625	25,0000	8,5499	675	455625	307546875	25,9808	8,7721
626	391876	245314376	25,0200	8,5544	676	456976	308915776	26,0000	8,7764
627	393129	246491883	25,0400	8,5590	677	458329	310288733	26,0192	8,7807
628	394384	247673152	25,0599	8,5635	678	459684	311665752	26,0384	8,7850
629	395641	248858189	25,0799	8,5681	679	461041	313046839	26,0576	8,7893
630	396900	250047000	25,0998	8,5726	680	462400	314432000	26,0768	8,7937
631	398161	251239591	25,1197	8,5772	681	463761	315821241	26,0960	8,7980
632	399424	252435968	25,1396	8,5817	682	465124	317214568	26,1151	8,8023
633	400689	253636137	25,1595	8,5862	683	466489	318611987	26,1343	8,8066
634	401956	254840104	25,1794	8,5907	684	467856	320013504	26,1534	8,8109
635	403225	256047875	25,1992	8,5952	685	469225	321419125	26,1725	8,8152
636	404496	257259456	25,2190	8,5997	686	470596	322828856	26,1916	8,8194
637	405769	258474853	25,2389	8,6043	687	471969	324242703	26,2107	8,8237
638	407044	259694072	25,2587	8,6088	688	473344	325660672	26,2298	8,8280
639	408321	260917119	25,2784	8,6132	689	474721	327082769	26,2488	8,8323
640	409600	262144000	25,2982	8,6177	690	476100	328509000	26,2679	8,8366
641	410881	263374721	25,3180	8,6222	691	477481	329939371	26,2869	8,8408
642	412164	264609288	25,3377	8,6267	692	478864	331373888	26,3059	8,8451
643	413449	265847707	25,3574	8,6312	693	480249	332812557	26,3249	8,8493
644	414736	267089984	25,3772	8,6357	694	481636	334255384	26,3439	8,8536
645	416025	268336125	25,3969	8,6401	695	483025	335702375	26,3629	8,8578
646	417316	269586136	25,4165	8,6446	696	484416	337153536	26,3818	8,8621
647	418609	270840023	25,4362	8,6490	697	485809	338608873	26,4008	8,8663
648	419904	272097792	25,4558	8,6535	698	487204	340068392	26,4197	8,8706
649	421201	273359449	25,4755	8,6579	699	488601	341532099	26,4386	8,8748
650	422500	274625000	25,4951	8,6624	700	490000	343000000	26,4575	8,8790

Cubo de números decimales

Ejemplo.—$45{,}6^3$

$456^3 = 94818816$
$45{,}6^3 = 94818{,}816$

Se toma el cubo del número como si fuese entero, y se disponen decimales del modo siguiente:

3 decimales en el cubo por 1 del número
6 " " " " " 2 " "
9 " " " " " 3 " "
3n " " " " " n " "

Ejemplo.—$0{,}456^3$

$456^3 = 94818816$
$0{,}456^3 = 0{,}094818816$

Potencias y raíces	*CUADRADO, CUBO, RAÍCES CUADRADA Y CÚBICA. N.ᵒˢ 700 a 800*	Tabla 1a.15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
700	490000	343000000	26,4575	8,8790	750	562500	421875000	27,3861	9,0856
701	491401	344472101	26,4764	8,8833	751	564001	423564751	27,4044	9,0896
702	492804	345948408	26,4953	8,8875	752	565504	425259008	27,4226	9,0937
703	494209	347428927	26,5141	8,8917	753	567009	426957777	27,4408	9,0977
704	495616	348913664	26,5330	8,8959	754	568516	428661064	27,4591	9,1017
705	497025	350402625	26,5518	8,9001	755	570025	430368875	27,4773	9,1057
706	498436	351895816	26,5707	8,9043	756	571536	432081216	27,4955	9,1098
707	499849	353393243	26,5895	8,9085	757	573049	433798093	27,5136	9,1138
708	501264	354894912	26,6083	8,9127	758	574564	435519512	27,5318	9,1178
709	502681	356400829	26,6271	8,9169	759	576081	437245479	27,5500	9,1218
710	504100	357911000	26,6458	8,9211	760	577600	438976000	27,5681	9,1258
711	505521	359425431	26,6646	8,9253	761	579121	440711081	27,5862	9,1298
712	506944	360944128	26,6833	8,9295	762	580644	442450728	27,6043	9,1338
713	508369	362467097	26,7021	8,9337	763	582169	444194947	27,6225	9,1378
714	509796	363994344	26,7208	8,9378	764	583696	445943744	27,6405	9,1418
715	511225	365525875	26,7395	8,9420	765	585225	447697125	27,6586	9,1458
716	512656	367061696	26,7582	8,9462	766	586756	449455096	27,6767	9,1498
717	514089	368601813	26,7769	8,9503	767	588289	451217663	27,6948	9,1537
718	515524	370146232	26,7955	8,9545	768	589824	452984832	27,7128	9,1577
719	516961	371694959	26,8142	8,9587	769	591361	454756609	27,7308	9,1617
720	518400	373248000	26,8328	8,9628	770	592900	456533000	27,7489	9,1657
721	519841	374805361	26,8514	8,9670	771	594441	458314011	27,7669	9,1696
722	521284	376367048	26,8701	8,9711	772	595984	460099648	27,7849	9,1736
723	522729	377933067	26,8887	8,9752	773	598529	461889917	27,8029	9,1775
724	524176	379503424	26,9072	8,9794	774	599076	463684824	27,8209	9,1815
725	525625	381078125	26,9258	8,9835	775	600625	465484375	27,8388	9,1855
726	527076	382657176	26,9444	8,9876	776	602176	467288576	27,8568	9,1894
727	528529	384240583	26,9629	8,9918	777	603729	469097433	27,8747	9,1933
728	529984	385828352	26,9815	8,9959	778	605284	470910952	27,8927	9,1973
729	531441	387420489	27,0000	9,0000	779	606841	472729139	27,9106	9,2012
730	532900	389017000	27,0185	9,0041	780	608400	474552000	27,9285	9,2052
731	534361	390617891	27,0370	9,0082	781	609961	476379541	27,9464	9,2091
732	535824	392223168	27,0555	9,0123	782	611524	478211768	27,9643	9,2130
733	537289	393832837	27,0740	9,0164	783	613089	480048687	27,9821	9,2170
734	538756	395446904	27,0924	9,0205	784	614656	481890304	28,0000	9,2209
735	540225	397065375	27,1109	9,0246	785	616225	483736625	28,0179	9,2248
736	541696	398688256	27,1293	9,0287	786	617796	485587656	28,0357	9,2287
737	543169	400315553	27,1477	9,0328	787	619369	487443403	28,0535	9,2326
738	544644	401947272	27,1662	9,0369	788	620944	489303872	28,0713	9,2365
739	546121	403583419	27,1846	9,0410	789	622521	491169069	28,0891	9,2404
740	547600	405224000	27,2029	9,0450	790	624100	493039000	28,1069	9,2443
741	549081	406869021	27,2213	9,0491	791	625681	494913671	28,1247	9,2482
742	550564	408518488	27,2397	9,0532	792	627264	496793088	28,1425	9,2521
743	552049	410172407	27,2580	9,0572	793	628849	498677257	28,1603	9,2560
744	553536	411830784	27,2764	9,0613	794	630436	500566184	28,1780	9,2599
745	555025	413493625	27,2947	9,0654	795	632025	502459875	28,1957	9,2638
746	556516	415160936	27,3130	9,0694	796	633616	504358336	28,2135	9,2677
747	558009	416832723	27,3313	9,0735	797	635209	506261573	28,2312	9,2716
748	559504	418508992	27,3496	9,0775	798	636804	508169592	28,2489	9,2754
749	561001	420189749	27,3679	9,0816	799	638401	510082399	28,2666	9,2793
750	562500	421875000	27,3861	9,0856	800	640000	512000000	28,2843	9,2832

Raíz cúbica de un número de 1 a 3 cifras

Se toma directamente de las tablas

Ejemplos

$\sqrt[3]{784} = 9{,}2209$

$\sqrt[3]{955} = 9{,}8477$

Raíz cúbica de un número de 1 a 3 cifras seguido de grupos de tres ceros

Es la raíz cúbica del número de 1 a 3 cifras, desplazando la coma un lugar a la derecha por cada grupo de tres ceros

$\sqrt[3]{28000} = 30{,}366$; $\sqrt[3]{28} = 3{,}0366$

$\sqrt[3]{285000000} = 658{,}08$; $\sqrt[3]{285} = 6{,}5808$

Potencias y raíces	CUADRADO, CUBO, RAÍCES CUADRADA Y CÚBICA. N.os 800 a 900	Tabla 1₉.15

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
800	640000	512000000	28,2843	9,2832	850	722500	614125000	29,1548	9,4727
801	641601	513922401	28,3019	9,2870	851	724201	616295051	29,1719	9,4764
802	643204	515849608	28,3196	9,2909	852	725904	618470208	29,1890	9,4801
803	644809	517781627	28,3373	9,2948	853	727609	620650477	29,2062	9,4838
804	646416	519718464	28,3549	9,2986	854	729316	622835864	29,2233	9,4875
805	648025	521660125	28,3725	9,3025	855	731025	625026375	29,2404	9,4912
806	649636	523606616	28,3901	9,3063	856	732736	627222016	29,2575	9,4949
807	651249	525557943	28,4077	9,3102	857	734449	629422793	29,2746	9,4986
808	652864	527514112	28,4253	9,3140	858	736164	631628712	29,2916	9,5023
809	654481	529475129	28,4429	9,3179	859	737881	633839779	29,3087	9,5060
810	656100	531441000	28,4605	9,3217	860	739600	636056000	29,3258	9,5097
811	657721	533411731	28,4781	9,3255	861	741321	638277381	29,3428	9,5134
812	659344	535387328	28,4956	9,3294	862	743044	640503928	29,3598	9,5171
813	660969	537367797	28,5132	9,3332	863	744769	642735647	29,3769	9,5207
814	662596	539353144	28,5307	9,3370	864	746496	644972544	29,3939	9,5241
815	664225	541343375	28,5482	9,3408	865	748225	647214625	29,4109	9,5281
816	665856	543338496	28,5657	9,3447	866	749956	649461896	29,4279	9,5317
817	667489	545338513	28,5832	9,3485	867	751689	651714363	29,4449	9,5354
818	669124	547343432	28,6007	9,3523	868	753424	653972032	29,4618	9,5391
819	670761	549353259	28,6182	9,3561	869	755161	656234909	29,4788	9,5427
820	672400	551368000	28,6356	9,3599	870	756900	658503000	29,4958	9,5464
821	674041	553387661	28,6531	9,3637	871	758641	660776311	29,5127	9,5501
822	675684	555412248	28,6705	9,3675	872	760384	663054848	29,5296	9,5537
823	677329	557441767	28,6880	9,3713	873	762129	665338617	29,5466	9,5574
824	678976	559476224	28,7054	9,3751	874	763876	667627624	29,5635	9,5610
825	680625	561515625	28,7228	9,3789	875	765625	669921875	29,5804	9,5647
826	682276	563559976	28,7402	9,3827	876	767376	672221376	29,5973	9,5683
827	683929	565609283	28,7576	9,3865	877	769129	674526133	29,6142	9,5719
828	685584	567663552	28,7750	9,3902	878	770884	676836152	29,6311	9,5756
829	687241	569722789	28,7924	9,3940	879	772641	679151439	29,6479	9,5792
830	688900	571787000	28,8097	9,3978	880	774400	681472000	29,6648	9,5828
831	690561	573856191	28,8271	9,4016	881	776161	683797841	29,6816	9,5865
832	692224	575930368	28,8444	9,4053	882	777924	686128968	29,6985	9,5901
833	693889	578009537	28,8617	9,4091	883	779689	688465387	29,7153	9,5937
834	695556	580093704	28,8791	9,4129	884	781456	690807104	29,7321	9,5973
835	697225	582182875	28,8964	9,4166	885	783225	693154125	29,7489	9,6010
836	698896	584277056	28,9137	9,4204	886	784996	695506456	29,7658	9,6046
837	700569	586376253	28,9310	9,4241	887	786769	697864103	29,7825	9,6082
838	702244	588480472	28,9482	9,4279	888	788544	700227072	29,7993	9,6118
839	703921	590589719	28,9655	9,4316	889	790321	702595369	29,8161	9,6154
840	705600	592704000	28,9828	9,4354	890	792100	704969000	29,8329	9,6190
841	707281	594823321	29,0000	9,4391	891	793881	707347971	29,8496	9,6226
842	708964	596947688	29,0172	9,4429	892	795664	709732288	29,8664	9,6262
843	710649	599077107	29,0345	9,4466	893	797449	712121957	29,8831	9,6298
844	712336	601211584	29,0517	9,4503	894	799236	714516984	29,8998	9,6334
845	714025	603351125	29,0689	9,4541	895	801025	716917375	29,9166	9,6370
846	715716	605495736	29,0861	9,4578	896	802816	719323136	29,9333	9,6406
847	717409	607645423	29,1033	9,4615	897	804609	721734273	29,9500	9,6442
848	719104	609800192	29,1204	9,4652	898	806404	724150792	29,9666	9,6477
849	720801	611960049	29,1376	9,4690	899	808201	726572699	29,9833	9,6513
850	722500	614125000	29,1548	9,4727	900	810000	729000000	30,0000	9,6549

Raíz cúbica de un número no comprendido en las Tablas

Ejemplo $\sqrt[3]{456300}$

$\sqrt[3]{456300} \approx \sqrt[3]{456000} = 76{,}970$ (por defecto)

$\sqrt[3]{456300} \approx \sqrt[3]{457000} = 77{,}026$ (por exceso)

Raíz cúbica de potencias de 10. Es 2,154435 a partir de 10, desplazando la coma un lugar a la derecha por cada grupo de tres ceros

$\sqrt[3]{10} = 2{,}1544$, $\sqrt[3]{10000} = 21{,}5443$; $\sqrt[3]{10000000}$ 215,4435

Es 4,641589 a partir de 100, desplazando la coma un lugar a la derecha por cada grupo de tres ceros

$\sqrt[3]{100} = 4{,}6416$, $\sqrt[3]{100000} = 46{,}4158$, $\sqrt[3]{100000000}$ 464,1589

Es 10,0000 a partir de 1000, desplazando la coma un lugar a la derecha por cada grupo de tres ceros

$\sqrt[3]{1000} = 10$; $\sqrt[3]{1000000} = 100$; $\sqrt[3]{1000000000} = 1000$

Potencias y raíces	**CUADRADO, CUBO, RAÍCES CUADRADA Y CÚBICA. N.^{os} 900 a 1000**	Tabla $1_{10}.15$

n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$	n	n^2	n^3	$\sqrt{n}$	$\sqrt[3]{n}$
900	810000	729000000	30,0000	9,6549	950	902500	857375000	30,8221	9,8305
901	811801	731432701	30,0167	9,6585	951	904401	860085351	30,8383	9,8339
902	813604	733870808	30,0333	9,6620	952	906304	862801408	30,8545	9,8374
903	815409	736314327	30,0500	9,6656	953	908209	865523177	30,8707	9,8408
904	817216	738763264	30,0666	9,6692	954	910116	868250664	30,8869	9,8443
905	819025	741217625	30,0832	9,6727	955	912025	870983875	30,9031	9,8477
906	820836	743677416	30,0998	9,6763	956	913936	873722816	30,9192	9,8511
907	822649	746142643	30,1164	9,6799	957	915849	876467493	30,9354	9,8546
908	824464	748613312	30,1330	9,6834	958	917764	879217912	30,9516	9,8580
909	826281	751089429	30,1496	9,6870	959	919681	881974079	30,9677	9,8614
910	828100	753571000	30,1662	9,6905	960	921600	884736000	30,9839	9,8648
911	829921	756058031	30,1828	9,6941	961	923521	887503681	31,0000	9,8683
912	831744	758550528	30,1993	9,6976	962	925444	890277128	31,0161	9,8717
913	833569	761048497	30,2159	9,7012	963	927369	893056347	31,0322	9,8751
914	835396	763551944	30,2324	9,7047	964	929296	895841344	31,0483	9,8785
915	837225	766060875	30,2490	9,7082	965	931225	898632125	31,0644	9,8819
916	839056	768575296	30,2655	9,7118	966	933156	901428696	31,0805	9,8854
917	840889	771095213	30,2820	9,7153	967	935089	904231063	31,0966	9,8888
918	842724	773620632	30,2985	9,7188	968	937024	907039232	31,1127	9,8922
919	844561	776151559	30,3150	9,7224	969	938961	909853209	31,1288	9,8956
920	846400	778688000	30,3315	9,7259	970	940900	912673000	31,1448	9,8990
921	848241	781229961	30,3480	9,7294	971	942841	915498611	31,1609	9,9024
922	850084	783777448	30,3645	9,7329	972	944784	918330048	31,1769	9,9058
923	851929	786330467	30,3809	9,7364	973	946729	921167317	31,1929	9,9092
924	853776	788889024	30,3974	9,7400	974	948676	924010424	31,2090	9,9126
925	855625	791453125	30,4138	9,7435	975	950625	926859375	31,2250	9,9160
926	857476	794022776	30,4302	9,7470	976	952576	929714176	31,2410	9,9194
927	859329	796597983	30,4467	9,7505	977	954529	932574833	31,2570	9,9227
928	861184	799178752	30,4631	9,7540	978	956484	935441352	31,2730	9,9261
929	863041	801765089	30,4795	9,7575	979	958441	938313739	31,2890	9,9295
930	864900	804357000	30,4959	9,7610	980	960400	941192000	31,3050	9,9329
931	866761	806954491	30,5123	9,7645	981	962361	944076141	31,3209	9,9363
932	868624	809557568	30,5287	9,7680	982	964324	946966168	31,3369	9,9396
933	870489	812166237	30,5450	9,7715	983	966289	949862087	31,3528	9,9430
934	872356	814780504	30,5614	9,7750	984	968256	952763904	31,3688	9,9464
935	874225	817400375	30,5778	9,7785	985	970225	955671625	31,3847	9,9497
936	876096	820025856	30,5941	9,7819	986	972196	958585256	31,4006	9,9531
937	877969	822656953	30,6105	9,7854	987	974169	961504803	31,4166	9,9565
938	879844	825293672	30,6268	9,7889	988	976144	964430272	31,4325	9,9598
939	881721	827936019	30,6431	9,7924	989	978121	967361669	31,4484	9,9632
940	883600	830584000	30,6594	9,7959	990	980100	970299000	31,4643	9,9666
941	885481	833237621	30,6757	9,7993	991	982081	973242271	31,4802	9,9699
942	887364	835896888	30,6920	9,8028	992	984064	976191488	31,4960	9,9733
943	889249	838561807	30,7083	9,8063	993	986049	979146657	31,5119	9,9766
944	891136	841232384	30,7246	9,8097	994	988036	982107784	31,5278	9,9800
945	893025	843908625	30,7409	9,8132	995	990025	985074875	31,5436	9,9833
946	894916	846590536	30,7571	9,8167	996	992016	988047936	31,5595	9,9866
947	896809	849278123	30,7734	9,8201	997	994009	991026973	31,5753	9,9900
948	898704	851971392	30,7896	9,8236	998	996004	994011992	31,5911	9,9933
949	900601	854670349	30,8058	9,8270	999	998001	997002999	31,6070	9,9967
950	902500	857375000	30,8221	9,8305	1000	1000000	1000000000	31,6228	10,0000

Raiz cúbica de fracciones

Fracción ordinaria:

$$\sqrt[3]{\frac{216}{512}} = \frac{\sqrt[3]{216}}{\sqrt[3]{512}} = \frac{6}{8} = \frac{3}{4} \; (= 0{,}75); \text{ también } \sqrt{\frac{216}{512}} = \sqrt[3]{0{,}421875} = 0{,}75$$

Fracción decimal:

$$\sqrt[3]{7{,}55} = \frac{\sqrt[3]{755}}{\sqrt[3]{100}} = \frac{9{,}1057}{4{,}6416} = 1{,}9618, \quad \sqrt[3]{75{,}5} = \frac{\sqrt[3]{755}}{\sqrt[3]{10}} = \frac{9{,}1057}{2{,}1544} = 4{,}2265$$

DESARROLLO DE ARCOS LA CIRCUNFERENCIA DE RADIO UNIDAD

Tabla 2₁.15

DIVISION EN RADIANES	*Arco en radianes*	*Grados sexagesimales*	*Grados centesimales*
	1	57,295779	63,661977
	1,570796	90°	100ᵍ
	2	114,591559	127,323954
	3	171,887338	190,985932
	3,141593	180°	200ᵍ
	4	229,183118	254,647909
	4,712389	270°	300ᵍ
	5	286,478897	318,309886
	6	343,774677	381,971863
6.283185 rad = 1 C.	6,283185	360°	400ᵍ

DIVISION SEXAGESIMAL		*Grados*	*Minutos*	*Segundos*
	1	0,017453	0,000291	0,0000048
	2	0,034907	0,000582	0,0000097
	3	0,052360	0,000873	0,0000145
	4	0,069813	0,001164	0,0000194
	5	0,087266	0,001454	0,0000242
	6	0,104720	0,001745	0,0000291
	7	0,122173	0,002036	0,0000339
	8	0,139626	0,002327	0,0000388
	9	0,157080	0,002618	0,0000436
	10	0,174533	0,002990	0,0000485
	20	0,349066	0,005818	0,0000970
	30	0,523599	0,008727	0,0001454
	40	0,698132	0,011635	0,0001939
360° 1 C 6,2831853 rad.	50	0,872665	0,014544	0,0002424
	60	1,047198	0,017453	0,000299

DIVISION CENTESIMAL		*Grados*	*Minutos*	*Segundos*
	1	0,015708	0,000157	0,0000015
	2	0,031416	0,000314	0,0000031
	3	0,047124	0,000471	0,0000047
	4	0,062832	0,000628	0,0000063
	5	0,078540	0,000785	0,0000078
	6	0,094248	0,000942	0,0000094
	7	0,109956	0,001100	0,0000110
	8	0,125664	0,00125	0,0000126
	9	0,141372	0,00141	0,0000141
	10	0,157080	0,00157	0,0000157
	20	0,314159	0,00314	0,0000314
	30	0,471239	0,004712	0,0000471
	40	0,628318	0,006283	0,0000628
	50	0,785398	0,007854	0,0000785
400ᵍ 1 C. 6,2831853 rad.	60	0,942478	0,009425	0,0000942
	70	1,099557	0,010996	0,000110
	80	1,256637	0,012566	0,000126
	90	1,413717	0,014137	0,000141
	100	1,570796	0,015708	0,000157

Aplicación

Desarrollo de un arco de 48°36'24'' y 150 mm de radio.

40° .... = 0,698132
8° .... = 0,139626
30' .... = 0,008727
6' .... = 0,001745
20'' ..... = 0,000097
4'' ..... = 0,000019
48°36'24'' = 0,848346

A = 0,848346 × 150 = 127,252 mm de desarrollo.

Desarrollo de un arco de 60ᵍ50'7'' y 175 cm de radio.

60ᵍ .... = 0,942478
5ᵍ .... = 0,078540
50 ...... = 0,007854
7'' ... = 0,000011
65ᵍ 50 7'' = 1,028883

A = 1,028883 × 175 = 180,0545 cm
También, A = 65,5007 × 175 = 180,0548 cm.

Desarrollo de un arco de 3, 1416 radianes y 225 m de radio.– A = 3,1416 × 225 = 706,86 m.

NOTA.– Para desarrollos de las circunferencias, véase págs 30 y 31.

DESARROLLO DE ARCOS EN LA CIRCUNFERENCIA. RADIO UNIDAD DIVISIÓN SEXAGESIMAL. 1.° A 50°

Tabla 2_2.15

Grados	*0'*	*10'*	*20'*	*30'*	*40'*	*50'*
0	0,000000	0,002909	0,005818	0,008727	0,011636	0,014544
1	0,017453	0,020362	0,023271	0,026180	0,029089	0,031998
2	0,034907	0,037815	0,040724	0,043633	0,046542	0,049451
3	0,052360	0,055269	0,058178	0,061087	0,063995	0,066904
4	0,069813	0,072722	0,075631	0,078540	0,081449	0,084358
5	0,087266	0,090175	0,093084	0,095993	0,098902	0,101811
6	0,104720	0,107629	0,110538	0,113446	0,116355	0,119264
7	0,122173	0,125082	0,127991	0,130900	0,133809	0,136717
8	0,139626	0,142535	0,145444	0,148353	0,151262	0,154171
9	0,157080	0,159989	0,162897	0,165806	0,168715	0,171624
10	0,174533	0,177442	0,180351	0,183260	0,186168	0,189077
11	0,191986	0,194895	0,197804	0,200713	0,203622	0,206531
12	0,209440	0,212348	0,215257	0,218166	0,221075	0,223984
13	0,226893	0,229802	0,232711	0,235619	0,238528	0,241437
14	0,244346	0,247255	0,250164	0,253073	0,255982	0,258891
15	0,261799	0,264708	0,267617	0,270526	0,273435	0,276344
16	0,279253	0,282162	0,285070	0,287979	0,290888	0,293797
17	0,296706	0,299615	0,302524	0,305433	0,308342	0,311250
18	0,314159	0,317068	0,319977	0,322886	0,325795	0,328704
19	0,331613	0,334521	0,337430	0,340339	0,343248	0,346157
20	0,349066	0,351975	0,354884	0,357792	0,360701	0,363610
21	0,366519	0,369428	0,372337	0,375246	0,378155	0,381064
22	0,383972	0,386881	0,389790	0,392699	0,395608	0,398517
23	0,401426	0,404335	0,407243	0,410152	0,413061	0,415970
24	0,418879	0,421788	0,424697	0,427606	0,430515	0,433423
25	0,436332	0,439241	0,442150	0,445059	0,447968	0,450877
26	0,453786	0,456694	0,459603	0,462512	0,465421	0,468330
27	0,471239	0,474148	0,477057	0,479966	0,482874	0,485783
28	0,488692	0,491601	0,494510	0,497419	0,500328	0,503237
29	0,506145	0,509054	0,511963	0,514872	0,517781	0,520690
30	0,523599	0,526508	0,529417	0,532325	0,535234	0,538143
31	0,541052	0,543961	0,546870	0,549779	0,552688	0,555596
32	0,558505	0,561414	0,564323	0,567232	0,570141	0,573050
33	0,575959	0,578868	0,581776	0,584685	0,587594	0,590503
34	0,593412	0,596321	0,599230	0,602139	0,605047	0,607956
35	0,610865	0,613774	0,616683	0,619592	0,622501	0,625410
36	0,628319	0,631227	0,634136	0,637045	0,639954	0,642863
37	0,645772	0,648681	0,651590	0,654498	0,657407	0,660316
38	0,663225	0,666134	0,669043	0,671952	0,674861	0,677770
39	0,680678	0,683587	0,686496	0,689405	0,692314	0,695223
40	0,698132	0,701041	0,703949	0,706858	0,709767	0,712676
41	0,715585	0,718494	0,721403	0,724312	0,727221	0,730129
42	0,733038	0,735947	0,738856	0,741765	0,744674	0,747583
43	0,750492	0,753400	0,756309	0,759218	0,762127	0,765036
44	0,767945	0,770854	0,773763	0,776672	0,779580	0,782489
45	0,785398	0,788307	0,791216	0,794125	0,797034	0,799943
46	0,802851	0,805760	0,808669	0,811578	0,814487	0,817396
47	0,820305	0,823214	0,826123	0,829031	0,831940	0,834849
48	0,837758	0,840667	8,843576	0,846485	0,849394	0,852302
49	0,855211	0,858120	0,861029	0,863938	0,866847	0,869756
50	0,872665					

Mins	Desarrollo
1	0,000291
2	582
3	873
4	0,001164
5	1454
6	1745
7	0,002036
8	2327
9	2618
10	2909

Segs	Desarrollo
1	0,000005
2	10
3	15
4	19
5	24
6	29
7	34
8	39
9	44
10	48
11	0,000053
12	58
13	63
14	68
15	73
16	78
17	82
18	87
19	92
20	97

Aplicación. Desarrollo de un arco de 48° 30' y 150 m de radio
A = 0,846485 × 150 = 126,973 m.
Desarrollo de un arco de 48°36'24'' y 150 m de radio
48° 30'. 0,846485
6'. = 0,001745
24'' = 0,000116
48° 36' 24'' = 0,848346
A = 0,848346 × 150 = 127,252m.

DESARROLLO DE ARCOS EN LA CIRCUNFERENCIA. RADIO UNIDAD DIVISIÓN SEXAGESIMAL. 50.° A 100°

Tabla 2₃.15

Grados	0′	10′	20′	30′	40′	50′
50	0,872665	0,875574	0,878482	0,881391	0,884300	0,887209
51	0,890118	0,893027	0,895936	0,898845	0,901753	0,904662
52	0,907571	0,910480	0,913389	0,916298	0,919207	0,922116
53	0,925025	0,927933	0,930842	0,933751	0,936660	0,939569
54	0,942478	0,945387	0,948296	0,951204	0,954113	0,957022
55	0,959931	0,962840	0,965749	0,968658	0,971567	0,974475
56	0,977384	0,980293	0,983202	0,986111	0,989020	0,991929
57	0,994838	0,997747	1,000655	1,003564	1,006473	1,009382
58	1,012291	1,015200	1,018109	1,021018	1,023926	1,026835
59	1,029744	1,032653	1,035562	1,038471	1,041380	1,044289
60	1,047198	1,050106	1,053015	1,055924	1,058833	1,061742
61	1,064651	1,067560	1,070469	1,073377	1,076286	1,079195
62	1,082104	1,085013	1,087922	1,090831	1,093740	1,096649
63	1,099557	1,102466	1,105375	1,108284	1,111193	1,114102
64	1,117011	1,119920	1,122828	1,125737	1,128646	1,131555
65	1,134464	1,137373	1,140282	1,143191	1,146100	1,149008
66	1,151917	1,154826	1,157735	1,160644	1,163553	1,166462
67	1,169371	1,172279	1,175188	1,178097	1,181006	1,183915
68	1,186824	1,189733	1,192642	1,195551	1,198459	1,201368
69	1,204277	1,207186	1,210095	1,213004	1,215913	1,218822
70	1,221730	1,224639	1,227548	1,230457	1,233366	1,236275
71	1,239184	1,242093	1,245002	1,247910	1,250819	1,253728
72	1,256637	1,259546	1,262455	1,265364	1,268273	1,271181
73	1,274090	1,276999	1,279908	1,282817	1,285726	1,288635
74	1,291544	1,294453	1,297361	1,300270	1,303179	1,306088
75	1,308997	1,311906	1,314815	1,317724	1,320632	1,323541
76	1,326450	1,329359	1,332268	1,335177	1,338086	1,340995
77	1,343904	1,346812	1,349721	1,352630	1,355539	1,358448
78	1,361357	1,364266	1,367175	1,370083	1,372992	1,375901
79	1,378810	1,381719	1,384628	1,387537	1,390446	1,393355
80	1,396263	1,399172	1,402081	1,404990	1,407899	1,410808
81	1,413717	1,416626	1,419534	1,122443	1,425352	1,428261
82	1,431170	1,434079	1,436988	1,439897	1,442806	1,445714
83	1,448623	1,451532	1,454441	1,457350	1,460259	1,463168
84	1,466077	1,468985	1,471894	1,474803	1,477712	1,480621
85	1,483530	1,486439	1,489348	1,492257	1,495165	1,498074
86	1,500983	1,503892	1,506801	1,509710	1,512619	1,515528
87	1,518436	1,521345	1,524254	1,527163	1,530072	1,532981
88	1,535890	1,538799	1,541708	1,544616	1,547525	1,550434
89	1,553343	1,556252	1,559161	1,562070	1,564979	1,567887
90	1,570796	1,573705	1,576614	1,579523	1,582432	1,585341
91	1,588250	1,591159	1,594067	1,596976	1,599885	1,602794
92	1,605703	1,608612	1,611521	1,614430	1,617338	1,620247
93	1,623156	1,626065	1,628974	1,631883	1,634792	1,637701
94	1,640609	1,643518	1,646427	1,649336	1,652245	1,655154
95	1,658063	1,660972	1,663881	1,666789	1,669698	1,672607
96	1,675516	1,678425	1,681334	1,684243	1,687152	1,690060
97	1,692969	1,695878	1,698787	1,701696	1,704605	1,707514
98	1,710423	1,713332	1,716240	1,719149	1,722058	1,724967
99	1,727876	1,730785	1,733694	1,736603	1,739511	1,742420
100	1,745329					

Segs.	Desarrollo
21	0,000102
22	107
23	112
24	116
25	121
26	126
27	131
28	136
29	141
30	145
31	0,000150
32	155
33	160
34	165
35	170
36	175
37	179
38	184
39	189
40	194
41	0,000199
42	204
43	208
44	213
45	218
46	223
47	228
48	233
49	238
50	242
51	0,000247
52	252
53	257
54	262
55	267
56	271
57	276
58	281
59	286
60	291

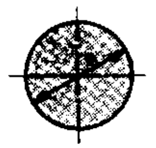
Aplicación Desarrollo de un arco de 238° 46′ 37″ y 150 m de radio

200° = 2 × 1,745329 = 3,490658
38° 40′ .... = 0,674861
6′ .... = 0,001745
37″ .... = 0,000179

238° 46′ 37″ .... = 4,167443

A = 4,167443 × 150 = 625,116m

Areas de circulos	AREAS DE CIRCULOS DIAMETROS n DE 1 A 350	Tabla 3_1.15

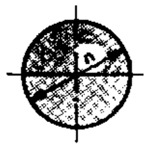


Area, $A = \frac{\pi n^2}{4}$ ($= \pi r^2$)

n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$
		50	1963,50	100	7853,98	150	17671,5	200	31415,9	250	49087,4	300	70685,8
1	0,7854	51	2042,82	101	8011,85	151	17907,9	201	31730,9	251	49480,9	301	71157,9
2	3,1416	52	2123,72	102	8171,28	152	18145,8	202	32047,4	252	49875,9	302	71631,5
3	7,0686	53	2206,18	103	8332,29	153	18385,4	203	32365,5	253	50272,6	303	72106,6
4	12,5664	54	2290,22	104	8494,87	154	18626,5	204	32685,1	254	50670,7	304	72583,4
5	19,6350	55	2375,83	105	8659,01	155	18869,2	205	33006,4	255	51070,5	305	73061,7
6	28,2743	56	2463,01	106	8824,73	156	19113,4	206	33329,2	256	51471,9	306	73541,5
7	38,1845	57	2551,76	107	8992,02	157	19359,3	207	33653,5	257	51874,8	307	74023,0
8	50,2655	58	2642,08	108	9160,88	158	19606,7	208	33979,5	258	52279,2	308	74506,0
9	63,6173	59	2733,97	109	9331,32	159	19855,7	209	34307,0	259	52685,3	309	74990,6
10	78,5398	60	2827,43	110	9503,32	160	20106,2	210	34636,1	260	53092,9	310	75476,8
11	95,0332	61	2922,47	111	9676,89	161	20358,3	211	34966,7	261	53502,1	311	75964,5
12	113,097	62	3019,07	112	9852,03	162	20612,0	212	35298,9	262	53912,9	312	76453,8
13	132,732	63	3117,25	113	10028,7	163	20867,2	213	35632,7	263	54325,2	313	76944,7
14	153,938	64	3216,99	114	10207,0	164	21124,1	214	35968,1	264	54739,1	314	77437,1
15	176,715	65	3318,31	115	10386,9	165	21382,5	215	36305,0	265	55154,6	315	77931,1
16	201,062	66	3421,19	116	10568,3	166	21642,4	216	36643,5	266	55571,6	316	78426,7
17	226,980	67	3525,65	117	10751,3	167	21904,0	217	36983,6	267	55990,2	317	78923,9
18	254,469	68	3631,68	118	10935,9	168	22167,1	218	37325,3	268	56410,4	318	79422,6
19	283,529	69	3739,28	119	11122,0	169	22431,8	219	37668,5	269	56832,2	319	79922,9
20	314,159	70	3848,45	120	11309,7	170	22698,0	220	38013,3	270	57255,5	320	80424,8
21	346,361	71	3959,19	121	11499,0	171	22965,8	221	38359,6	271	57680,4	321	80928,2
22	380,133	72	4071,50	122	11689,9	172	23235,2	222	38707,6	272	58106,9	322	81433,2
23	415,476	73	4185,39	123	11882,3	173	23506,2	223	39057,1	273	58534,9	323	81939,8
24	452,389	74	4300,84	124	12076,3	174	23778,7	224	39408,1	274	58964,6	324	82448,0
25	490,874	75	4417,86	125	12271,8	175	24052,8	225	39760,8	275	59395,7	325	82957,7
26	530,929	76	4536,46	126	12469,0	176	24328,5	226	40115,0	276	59828,5	326	83469,0
27	572,555	77	4656,63	127	12667,7	177	24605,7	227	40470,8	277	60262,8	327	83981,8
28	615,752	78	4778,36	128	12868,0	178	24884,6	228	40828,1	278	60698,7	328	84496,3
29	660,520	79	4901,67	129	13069,8	179	25164,9	229	41187,1	279	61136,2	329	85012,3
30	706,858	80	5026,55	130	13273,2	180	25446,9	230	41547,6	280	61575,2	330	85529,9
31	754,768	81	5153,00	131	13478,2	181	25730,4	231	41909,6	281	62015,8	331	86049,0
32	804,248	82	5281,02	132	13684,8	182	26015,5	232	42273,3	282	62458,0	332	86569,7
33	855,299	83	5410,61	133	13892,9	183	26302,2	233	42638,5	283	62901,8	333	87092,0
34	907,920	84	5541,77	134	14102,6	184	26590,4	234	43005,3	284	63347,1	334	87615,9
35	962,113	85	5674,50	135	14313,9	185	26880,3	235	43373,6	285	63794,0	335	88141,3
36	1017,88	86	5808,80	136	14526,7	186	27171,6	236	43743,5	286	64242,4	336	88668,3
37	1075,21	87	5944,68	137	14741,1	187	27464,6	237	44115,0	287	64692,5	337	89196,9
38	1134,11	88	6082,12	138	14957,1	188	27759,1	238	44488,1	288	65144,1	338	89727,0
39	1194,59	89	6221,14	139	15174,7	189	28055,2	239	44862,7	289	65597,2	339	90258,7
40	1256,64	90	6361,73	140	15393,8	190	28352,9	240	45238,9	290	66052,0	340	90792,0
41	1320,25	91	6503,88	141	15614,5	191	28652,1	241	45616,7	291	66508,3	341	91326,0
42	1385,44	92	6647,61	142	15836,8	192	28952,9	242	45996,1	292	66966,2	342	91863,3
43	1452,20	93	6792,91	143	16060,6	193	29255,3	243	46377,0	293	67425,6	343	92401,3
44	1520,53	94	6939,78	144	16286,0	194	29559,2	244	46759,5	294	67886,7	344	92940,9
45	1590,43	95	7088,22	145	16513,0	195	29864,8	245	47143,5	295	68349,3	345	93482,0
46	1661,90	96	7238,23	146	16741,5	196	30171,9	246	47529,2	296	68813,4	346	94024,7
47	1734,94	97	7389,81	147	16971,7	197	30480,5	247	47916,4	297	69279,2	347	94569,0
48	1809,56	98	7542,96	148	17203,4	198	30790,7	248	48305,1	298	69746,5	348	95114,9
49	1885,74	99	7697,69	149	17436,6	199	31102,6	249	48695,5	299	70215,4	349	95662,3
50	1963,50	100	7853,98	150	17671,5	200	31415,9	250	49087,4	300	70685,8	350	96211,3

Aplicación Area de un circulo de 740 mmØ, directamente 430084 mm²
" " 7,40 mmØ, directamente 43,0084 mm²
" " 0,74 mmØ, directamente 0,430084 mm²

Areas de círculos	**AREAS DE CIRCULOS DIAMETROS 350 A 700**	Tabla 3_2.15

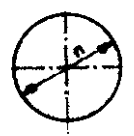


Area, $A = \frac{\pi n^2}{4}$ $(= \pi r^2)$

n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$
350	96211,3	**400**	125664	**450**	159043	**500**	196350	**550**	237583	**600**	282743	**650**	331831
351	96761,8	401	126293	451	159751	501	197136	551	238448	601	283687	651	332853
352	97314,0	402	126923	452	160460	502	197923	552	239314	602	284631	652	333876
353	97867,7	403	127556	453	161171	503	198713	553	240182	603	285578	653	334901
354	98423,0	404	128190	454	161883	504	199504	554	241051	604	286526	654	335927
355	98979,8	405	128825	455	162597	505	200296	555	241922	605	287475	655	336955
356	99538,2	406	129462	456	163313	506	201090	556	242795	606	288426	656	337985
357	100098	407	130100	457	164030	507	201886	557	243669	607	289379	657	339016
358	100660	408	130741	458	164748	508	202683	558	244545	608	290333	658	340049
359	101223	409	131382	459	165468	509	203482	559	245422	609	291289	659	341083
360	101788	410	132025	**460**	166190	**510**	204282	**560**	246301	**610**	292247	**660**	342119
361	102354	411	132670	461	166914	511	205084	561	247181	611	293206	661	343157
362	102922	412	133317	462	167639	512	205887	562	248063	612	294166	662	344196
363	103491	413	133965	463	168365	513	206692	563	248947	613	295128	663	345237
364	104062	414	134614	464	169093	514	207499	564	249832	614	296092	664	346279
365	104635	415	135265	465	169823	515	208307	565	250719	615	297057	665	347323
366	105209	416	135918	466	170554	516	209117	566	251607	616	298024	666	348368
367	105784	417	136572	467	171287	517	209928	567	252497	617	298992	667	349415
368	106362	418	137228	468	172021	518	210741	568	253388	618	299962	668	350464
369	106941	419	137885	469	172757	519	211556	569	254281	619	300934	669	351514
370	107521	**420**	138544	**470**	173494	520	212372	570	255176	**620**	301907	**670**	352565
371	108103	421	139205	471	174234	521	213189	571	256072	621	302882	671	353618
372	108687	422	139867	472	174974	522	214008	572	256970	622	303858	672	354673
373	109272	423	140531	473	175716	523	214829	573	257869	623	304836	673	355730
374	109858	424	141196	474	176460	524	215651	574	258770	624	305815	674	356788
375	110447	425	141863	475	177205	525	216475	575	259672	625	306796	675	357847
376	111036	426	142531	476	177952	526	217301	576	260576	626	307779	676	358908
377	111628	427	143201	477	178701	527	218128	577	261482	627	308763	677	359971
378	112221	428	143872	478	179451	528	218956	578	262389	628	309748	678	361035
379	112815	429	144545	479	180203	529	219787	579	263298	629	310736	679	362101
380	113411	430	145220	**480**	180956	**530**	220618	**580**	264208	630	311725	**680**	363168
381	114009	431	145896	481	181711	531	221452	581	265120	631	312715	681	364237
382	114608	432	146574	482	182467	532	222287	582	266033	632	313707	682	365308
383	115209	433	147254	483	183225	533	223123	583	266948	633	314700	683	366380
384	115812	434	147934	484	183984	534	223961	584	267865	634	315696	684	367453
385	116416	435	148617	485	184745	535	224801	585	268783	635	316692	685	368528
386	117021	436	149301	486	185508	536	225642	586	269703	636	317690	686	369605
387	117628	437	149987	487	186272	537	226484	587	270624	637	318690	687	370684
388	118237	438	150674	488	187038	538	227329	588	271547	638	319692	688	371764
389	118847	439	151363	489	187805	539	228175	589	272471	639	320695	689	372845
390	119459	**440**	152053	**490**	188574	**540**	229022	**590**	273397	**640**	321699	**690**	373928
391	120072	441	152745	491	189345	541	229871	591	274325	641	322705	691	375013
392	120687	442	153439	492	190117	542	230722	592	275254	642	323713	692	376099
393	121304	443	154134	493	190890	543	231574	593	276184	643	324722	693	377187
394	171922	444	154830	494	191665	544	232428	594	277117	644	325733	694	378276
395	122542	445	155528	495	192442	545	233283	595	278051	645	326745	695	379367
396	123163	446	156228	496	193221	546	234140	596	278986	646	327759	696	380459
397	123786	447	156930	497	194000	547	234998	597	279923	647	328775	697	381553
398	124410	448	157633	498	194782	548	235858	598	280862	648	329792	698	382649
399	125036	449	158337	499	195565	549	236720	599	281802	649	330810	699	383746
400	125664	**450**	159043	**500**	196350	**550**	237583	**600**	282743	**650**	331831	**700**	384845

Aplicación. Area de un círculo de 495'' (pulgadas).
Directamente, A 192442'' (pulgadas).

Areas de círculos	AREAS DE CIRCULOS DIAMETROS 700 A 1000	Tabla 3_3.15



Area, $A = \frac{\pi n^2}{4}$ ($= \pi r^2$)

n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$	n	$\frac{\pi n^2}{4}$
700	384845	**750**	441786	**800**	502655	**850**	567450	**900**	636173	**960**	708822
701	385945	751	442965	801	503912	851	568786	901	637587	951	710315
702	387047	752	444146	802	505171	852	570124	902	639003	952	711809
703	388151	753	445328	803	506432	853	571463	903	640421	953	713306
704	389256	754	446511	804	507694	854	572803	904	641840	954	714803
705	390363	755	447697	805	508958	855	574146	905	643261	955	716303
706	391471	756	448883	806	510223	856	575490	906	644683	956	717804
707	392580	757	450072	807	511490	857	576835	907	646107	957	719306
708	393692	758	451262	808	512758	858	578182	908	647533	958	720810
709	394805	759	452453	809	514028	859	579530	909	648960	959	722316
710	395919	**760**	453646	810	515300	**860**	580880	910	650388	**960**	723823
711	397035	761	454841	811	516573	861	582232	911	651818	961	725332
712	398153	762	456037	812	517848	862	583585	912	653250	962	726842
713	399272	763	457234	813	519124	863	584940	913	654684	963	728354
714	400393	764	458434	814	520402	864	586297	914	656118	964	729867
715	401515	765	459635	815	521681	865	587655	915	657555	965	731382
716	402639	766	460837	816	522962	866	589014	916	658993	966	732899
717	403765	767	462041	817	524245	867	590375	917	660433	967	734417
718	404892	768	463247	818	525529	868	591738	918	661874	968	735937
719	406020	769	464454	819	526814	869	593102	919	663317	969	737458
720	407150	**770**	465663	**820**	528102	**870**	594468	**920**	664761	**970**	738981
721	408282	771	466873	821	529391	871	595835	921	666207	971	740506
722	409415	772	468085	822	530681	872	597204	922	667654	972	742032
723	410550	773	469298	823	531973	873	598575	923	669103	973	743559
724	411687	774	470513	824	533267	874	599947	924	670554	974	745088
725	412825	775	471730	825	534562	875	601320	925	672006	975	746619
726	413965	776	472948	826	535858	876	602696	926	673460	976	748151
727	415106	777	474168	827	537157	877	604073	927	674915	977	749685
728	416248	778	475389	828	538456	878	605451	928	676372	978	751221
729	417393	779	476612	829	539758	879	606831	929	677831	979	752758
730	418539	**780**	477836	**830**	541061	**880**	608212	**930**	679291	**980**	754296
731	419686	781	479062	831	542365	881	609595	931	680752	981	755837
732	420835	782	480290	832	543671	882	610980	932	682216	982	757378
733	421986	783	481519	833	544979	883	612366	933	683680	983	758922
734	423138	784	482750	834	546288	884	613754	934	685147	984	760466
735	424292	785	483982	835	547599	885	615143	935	686615	985	762013
736	425447	786	485216	836	548912	886	616534	936	688084	986	763561
737	426604	787	486451	837	550226	887	617927	937	689555	987	765111
738	427762	788	487688	838	551541	888	619321	938	691028	988	766662
739	428922	789	488927	839	552858	889	620717	939	692502	989	768214
740	430084	**790**	490167	**840**	554177	**890**	622114	**940**	693978	**990**	769769
741	431247	791	491409	841	555497	891	623513	941	695455	991	771325
742	432412	792	492652	842	556819	892	624913	942	696934	992	772882
743	433578	793	493897	843	558142	893	626315	943	698415	993	774441
744	434746	794	495143	844	559467	894	627718	944	699897	994	776002
745	435916	795	496391	845	560794	895	629124	945	701380	995	777564
746	437087	796	497641	846	562122	896	630530	946	702865	996	779128
747	438259	797	498892	847	563452	897	631938	947	704352	997	780693
748	439433	798	500145	848	564783	898	633348	948	705840	998	782260
749	440609	799	501399	849	566116	899	634760	949	707330	999	783828
750	441786	**800**	502655	**850**	567450	**900**	636173	**960**	708822	**1000**	785398

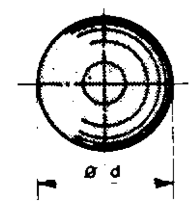
Aplicación. Area de un círculo de 9,5" (pulgadas) Ø — Directamente, A = 70,8822 pulgadas cuadradas
95" (pulgadas) Ø. — A = 7088,22 pulgadas cuadradas
0,95" (pulgadas) Ø. — A = 0,708822 pulgadas cuadradas

Valores de la esfera	**AREA Y VOLUMEN DE ESFERAS**	**Tabla 4.15**

AREA

$A = \pi d^2$

$A = 3{,}1416 \cdot d^2$



VOLUMEN

$V = \frac{\pi}{6} d^3$

$V = 0{,}5236 \cdot d^3$

AREAS

Ød	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0	0,00	3,142	12,566	28,274	50,265	78,540	113,097	153,938	201,062	254,469
1	314,159	380,133	452,389	530,929	615,752	706,858	804,248	907,920	1017,87	1134,11
2	1256,64	1385,44	1520,53	1661,90	1809,56	1963,50	2123,72	2290,22	2463,00	2642,08
3	2827,43	3019,07	3216,99	3421,19	3631,68	3848,45	4071,50	4300,84	4536,46	4778,36
4	5026,55	5281,02	5541,77	5808,80	6082,12	6361,73	6647,61	6939,78	7238,23	7542,96
5	7853,98	8171,28	8494,87	8824,73	9160,88	9503,32	9852,03	10207,0	10568,3	10935,8
6	11309,7	11689,9	12076,3	12469,0	12868,0	13273,2	13684,8	14102,6	14526,7	14957,1
7	15393,8	15836,8	16286,0	16741,6	17203,4	17671,5	18145,8	18626,5	19113,5	19606,7
8	20106,2	20612,0	21124,1	21642,4	22167,1	22698,0	23235,2	23778,7	24328,5	24884,6
9	25446,9	26015,5	26590,1	27171,6	27759,1	28352,9	28952,9	29559,6	30171,9	30790,8
10	31415,9									

Nota —La superficie de esferas de diámetros 10, 100, .. veces superiores a los que figuran en la Tabla expuesta, son 100, 10000, veces superiores a los que se indican para el diámetro que se manifiesta en ella, y del mismo modo, la superficie de esferas de diámetros 10, 100, inferiores a los que figuran en esta Tabla, serán 10, 100, . veces inferiores a los expresados para el diámetro expuesto

Ejemplo: Superficie de una esfera de 55 mm de diámetro Directamente, $A = 9503{,}32 mm^2$.
Superficie de una esfera de 5500 mm de diámetro. Superficie, $A = 95033200 mm^2$.
Superficie de una esfera de 5,5 mm de diámetro Superficie, $A = 95{,}0332 mm^2$.

VOLUMENES

Ød	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
0	0,00	0,524	4,189	14,137	33,510	65,450	113,10	179,59	268,08	381,70
1	523,60	696,91	904,78	1150,35	1436,76	1767,15	2144,66	2572,44	3053,63	3591,36
2	4188,79	4897,06	5575,28	6370,63	7238,23	8181,23	9202,77	10306,0	11494,0	12770,1
3	14137,2	15598,5	17157,3	18816,6	20579,5	22449,8	24429,0	26521,8	28730,9	31059,4
4	33510,3	36087,0	38792,4	41629,8	44602,2	47112,9	50965,0	54361,6	57905,8	61600,9
5	65450	69456	73622	77952	82448	87114	91952	96967	102160	107536
6	113197	118847	124788	130924	137258	143793	150533	157479	164636	172007
7	179594	187402	195432	203689	212175	220893	229847	239040	248475	258155
8	268083	278262	288696	299387	310339	321555	333038	344791	356818	369121
9	381704	394569	407720	421160	434893	448921	463247	477874	492807	508047
10	523599									

Nota.—El volumen de esferas de diámetros 10, 100, ... veces superiores a los que figuran en la Tabla, son 1000, 1000000, .. veces superiores a los que se indican para el diámetro que se expresan en esta Tabla, y del mismo modo, el volumen de las esferas de diámetro 10, 100, veces menores que aquellos, son 1000, 1000000, ... veces inferiores a los expresados en la Tabla para el diámetro expuesto

Ejemplo Volumen de una esfera de 55 mm de diámetro Directamente, $V = 87114 mm^3$.
Volumen de una esfera de 550 mm de diámetro Volumen, $V = 87114000 mm^3$.
Volumen de una esfera de 5,5 mm de diámetro Volumen, $V = 87{,}114 mm^3$.

CONVERSIÓN DE GRADOS SEXAGESIMALES Y RADIANES

Tabla 5.15

Grados, minutos y segundos en radianes								Radianes en grados sexagesimales			
Sex	*Radián*	*Sex.*	*Radianes*	*Sex.*	*Radianes*	*Sex*	*Radianes*	*Radianes*	*Grados*	*Minutos*	*Segundos*
1	0,017453	61	1,064651	1	0,000291	1	0,000005	1	57	17	44,8
2	0,034907	62	1,082104	2	0,000583	2	0,000010	2	114	35	29,6
3	0,052360	63	1,099557	3	0,000872	3	0,000015	3	171	53	14,4
4	0,069813	64	1,117011	4	0,001164	4	0,000020	4	229	10	59,2
5	0,087266	65	1,134464	5	0,001454	5	0,000024	5	286	28	44
								6	243	46	28,8
6	0,104720	66	1,151917	6	0,001745	6	0,000029	6,283185	360		
7	0,122173	67	1,169371	7	0,002036	7	0,000034	7	401	4	13,6
8	0,139626	68	1,186824	8	0,002327	8	0,000039	8	458	21	58,4
9	0,157080	69	1,204277	9	0,002618	9	0,000044	9	515	39	43,2
10	0,174533	70	1,221730	10	0,002909	10	0,000048	10	572	57	28
11	0,191986	71	1,239184	11	0,003200	11	0,000053	0,1	5	43	46,48
12	0,209439	72	1,256637	12	0,003491	12	0,000058	0,2	11	27	32,96
13	0,226893	73	1,274090	13	0,003781	13	0,000063	0,3	17	11	19,44
14	0,244346	74	1,291544	14	0,004072	14	0,000068	0,4	22	55	5,92
15	0,261799	76	1,308997	15	0,004363	15	0,000073	0,5	28	38	52,40
16	0,279253	76	1,326450	16	0,004654	16	0,000078	0,6	34	22	38,88
17	0,296706	77	1,343903	17	0,004945	17	0,000082	0,7	40	6	25,36
18	0,314159	78	1,361357	18	0,005236	18	0,000087	0,8	45	50	11,84
19	0,331612	79	1,378810	19	0,005527	19	0,000092	0,9	51	33	58,32
20	0,349066	80	1,396263	20	0,005818	20	0,000097	1,0	57	17	44,8
21	0,366519	81	1,413717	21	0,006109	21	0,000102	0,01		34	22,65
22	0,383972	82	1,431170	22	0,006400	22	0,000107	0,02	1	8	45,30
23	0,401426	83	1,448623	23	0,006690	23	0,000112	0,03	1	43	7,94
24	0,418879	84	1,466077	24	0,006981	24	0,000116	0,04	2	17	30,59
25	0,436332	85	1,483530	25	0,007272	25	0,000121	0,05	2	51	53,24
26	0,453786	86	1,500983	26	0,007563	26	0,000126	0,06	3	26	15,89
27	0,471239	87	1,518436	27	0,007854	27	0,000131	0,07	4	0	38,54
28	0,488629	88	1,535890	28	0,008145	28	0,000136	0,08	4	35	1,18
29	0,506145	89	1,553343	29	0,008436	29	0,000141	0,09	5	9	23,83
30	0,523599	90	1,570976	30	0,008727	30	0,000145	0,10	5	43	46,48
31	0,541052	91	1,588250	31	0,009018	31	0,000150	0,001		3	26,26
32	0,558505	92	1,605702	32	0,009308	32	0,000155	0,002		6	52,53
33	0,575959	93	1,623156	33	0,009599	33	0,000160	0,003		10	18,79
34	0,593412	94	1,640609	34	0,009890	34	0,000165	0,004		13	45,06
35	0,610865	95	1,658063	35	0,010181	35	0,000170	0,005		17	11,32
36	0,628318	96	1,675516	36	0,010472	36	0,000174	0,006		20	37,59
37	0,645772	97	1,692969	37	0,010763	37	0,000179	0,007		24	3,85
38	0,663225	98	1,710423	38	0,011054	38	0,000184	0,008		27	30,12
39	0,680678	99	1,727876	39	0,011345	39	0,000189	0,009		30	56,38
40	0,698132	100	1,745329	40	0,011636	40	0,000194	0,010		34	22,65
41	0,715585	101	1,762782	41	0,011926	41	0,000199	0,0001			20,63
42	0,733038	102	1,780236	42	0,012217	42	0,000204	0,0002			41,25
43	0,750491	103	1,797689	43	0,012508	43	0,000208	0,0003		1	1,8
44	0,767945	104	1,815142	44	0,012799	44	0,000213	0,0004		1	22,51
45	0,785398	105	1,832596	45	0,013090	45	0,000218	0,0005		1	43,13
46	0,802851	106	1,850049	46	0,013381	46	0,000223	0,0006		2	3,76
47	0,820305	107	1,867502	47	0,013671	47	0,000228	0,0007		2	24,39
48	0,837758	108	1,884956	48	0,013963	48	0,000233	0,0008		2	45,01
49	0,855211	109	1,902409	49	0,014254	49	0,000238	0,0009		3	5,64
50	0,872665	110	1,919862	50	0,014544	50	0,000242	0,0010		3	26,26
51	0,890118	111	1,937315	51	0,014835	51	0,000247	0,00001			2,063
52	0,907571	112	1,954769	52	0,015126	52	0,000252	0,00002			4,135
53	0,925024	113	1,972222	53	0,015417	53	0,000257	0,00003			6,188
54	0,942478	114	1,989675	54	0,015708	54	0,000262	0,00004			8,251
55	0,959931	115	2,007129	55	0,015999	55	0,000267	0,00005			10,31
56	0,977384	116	2,024582	56	0,016296	56	0,000271	0,00006			12,44
57	0,994838	117	2,042035	57	0,016581	57	0,000276	0,00007			14,44
58	1,012291	118	2,059489	58	0,016872	58	0,000281	0,00008			16,50
59	1,029744	119	2,076942	59	0,017162	59	0,000286	0,00009			18,56
60	1,047198	120	2,094395	60	0,017453	60	0,000291	0,00010			20,63

Sistemas de pesas y medidas	# CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE LONGITUD MILÍMETROS A PULGADAS	Tabla 6_1.15

Conversión de milímetros en pulgadas. 1 Milímetro = 0,03937 pulgadas

Milímetros	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
	Pulgadas									
00	0,00	0,03937	0,07874	0,11811	0,15748	0,19685	0,23622	0,27559	0,31496	0,35433
10	0,39370	0,43307	0,47244	0,51181	0,55118	0,59055	0,62992	0,66929	0,70866	0,74803
20	0,78740	0,82677	0,86614	0,90551	0,94488	0,98425	1,02362	1,06299	1,10236	1,14173
30	1,18110	1,22047	1,25984	1,29921	1,33858	1,37795	1,41732	1,45669	1,49606	1,53543
40	1,57480	1,61417	1,65354	1,69291	1,73228	1,77165	1,81102	1,85039	1,88976	1,92913
50	1,96850	2,00787	2,04724	2,08661	2,12598	2,16535	2,20472	2,24409	2,28346	2,32283
60	2,36220	2,40157	2,44094	2,48031	2,51969	2,55906	2,59843	2,63780	2,67717	2,71654
70	2,75591	2,79528	2,83465	2,87402	2,91339	2,95276	2,99213	3,03150	3,07087	3,11024
80	3,14961	3,18898	3,22835	3,26772	3,30709	3,34646	3,38583	3,42520	3,46457	3,50394
90	3,54331	3,58268	3,62205	3,66142	3,70079	3,74016	3,77953	3,81890	3,85827	3,89764
100	3,93701	3,97638	4,01575	4,05512	4,09449	4,13386	4,17323	4,21260	4,25197	4,29134
110	4,33071	4,37008	4,40945	4,44882	4,48819	4,52756	4,56693	4,60630	4,64567	4,68504
120	4,72441	4,76378	4,80315	4,84252	4,88189	4,92126	4,96063	5,00000	5,03937	5,07874
130	5,11811	5,15748	5,19685	5,23622	5,27559	5,31496	5,35433	5,39370	5,43307	5,47244
140	5,51181	5,55118	5,59055	5,62992	5,66929	5,70866	5,74803	5,78740	5,,82677	5,86614
150	5,90551	5,94488	5,98425	6,02362	6,06299	6,10236	6,14173	6,18110	6,22047	6,25984
160	6,29921	6,33858	6,37795	6,41732	6,45669	6,49606	6,53543	6,57480	6,61417	6,65354
170	6,69291	6,73228	6,77165	6,81102	6,85039	6,88976	6,92913	6,96850	7,00787	7,04724
180	7,08661	7,12598	7,16535	7,20472	7,24409	7,28346	7,32283	7,36220	7,40157	7,44094
190	7,48031	7,51969	7,55906	7,59843	7,63780	7,67717	7,71654	7,75591	7,79528	7,83465
200	7,87402	7,91339	7,95276	7,99213	8,03150	8,07087	8,11024	8,14961	8,18898	8,22835
210	8,26772	8,30709	8,34646	8,38583	8,42520	8,46457	8,50394	8,54331	8,58268	8,62205
220	8,66142	8,70079	8,74016	8,77953	8,81890	8,85827	8,89764	8,93701	8,97638	9,01575
230	9,05512	9,09449	9,13386	9,17323	9,21260	9,25197	9,29134	9,33071	9,37008	9,40945
240	9,44882	9,48819	9,52756	9,56693	9,60630	9,64567	9,68504	9,72441	9,76378	9,80315
250	9,84252	9,88189	9,92126	9,96063	10,0000	10,0394	10,0787	10,1181	10,1575	10,1969
260	10,2362	10,2756	10,3150	10,3543	10,3937	10,4331	10,4724	10,5118	10,5512	10,5906
270	10,6299	10,6693	10,7087	10,7480	10,7874	10,8268	10,8661	10,9055	10,9449	10,9843
280	11,0236	11,0630	11,1024	11,1417	11,1811	11,2205	11,2598	11,2992	11,3386	11,3780
290	11,4173	11,4567	11,4961	11,5354	11,5748	11,6142	11,6535	11,6929	11,7323	11,7717
300	11,8110	11,8504	11,8898	11,9291	11,9685	12,0079	12,0472	12,0866	12,1260	12,1654
310	12,2047	12,2441	12,2835	12,3228	12,3622	12,4016	12,4409	12,4803	12,5197	12,5591
320	12,5984	12,6378	12,6772	12,7165	12,7559	12,7953	12,8346	12,8740	12,9134	12,9528
330	12,9921	13,0315	13,0709	13,1102	13,1496	13,1890	13,2283	13,2677	13,3071	13,3465
340	13,3858	13,4252	13,4646	13,5039	13,5433	13,5827	13,6220	13,6614	13,7008	13,7402
350	13,7795	13,8189	13,8583	13,8976	13,9370	13,9764	14,0157	14,0551	14,0945	14,1339
360	14,1732	14,2126	14,2520	14,2913	14,3307	14,3701	14,4094	14,4488	14,4882	14,5276
370	14,5669	14,6063	14,6457	14,6850	14,7244	14,7638	14,8031	14,8425	14,8819	14,9213
380	14,9606	15,0000	15,0394	15,0787	15,1181	15,1575	15,1969	15,2362	15,2756	15,3150
390	15,3543	15,3937	15,4331	15,4724	15,5118	15,5512	15,5906	15,6299	15,6693	15,7087
400	15,7480	15,7874	15,8268	15,8661	15,9055	15,9449	15,9843	16,0236	16,0630	16,1024
410	16,1417	16,1811	16,2205	16,2598	16,2992	16,3386	16,3780	16,4173	16,4567	16,4961
420	16,5354	16,5748	16,6142	16,6535	16,6929	16,7323	16,7717	16,8110	16,8504	16,8898
430	16,9291	16,9685	17,0079	17,0472	17,0866	17,1260	17,1654	17,2047	17,2441	17,2835
440	17,3228	17,3622	17,4016	17,4409	17,4803	17,5197	17,5591	17,5984	17,6378	17,6772
450	17,7165	17,7559	17,7953	17,8346	17,8740	17,9134	17,9528	17,9921	18,0315	18,0709
460	18,1102	18,1496	18,1890	18,2283	18,2677	18,3071	18,3465	18,3858	18,4252	18,4646
470	18,5039	18,5433	18,5827	18,6220	18,6614	18,7008	18,7402	18,7795	18,8189	18,8583
480	18,8976	18,9370	18,9764	19,0157	19,0551	19,0945	19,1339	19,1732	19,2126	19,2520
490	19,2913	19,3307	19,3701	19,4094	19,4488	19,4882	19,5276	19,5669	19,6063	19,6457
500	19,6850									

Aplicación: 1.º Convertir 125 milímetros en pulgadas.
125 Milímetros = 4,92126 pulgadas (directamente en la Tabla).
2.º Convertir 12 milímetros en pulgadas.
12 Milímetros = 0,47244 pulg. (directamente en la Tabla; también 4,72441 : 10).

Nota. Para factores de conversión, véase la página 544.

Sistemas de pesas y medidas	**CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE LONGITUD MILÍMETROS A PULGADAS**	Tabla 6_2.15

Conversión de milímetros en pulgadas. 1 Milímetro = 0,03937 pulgadas

Milímetros	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
	Pulgadas									
500	19,6850	19,7244	19,7638	19,8031	19,8425	19,8819	19,9213	19,9606	20,0000	20,0394
510	20,0787	20,1181	20,1575	20,1969	20,2362	20,2756	20,3150	20,3543	20,3937	20,4331
520	20,4724	20,5118	20,5512	20,5906	20,6299	20,6693	20,7087	20,7480	20,7874	20,8268
530	20,8661	20,9055	20,9449	20,9843	21,0236	21,0630	21,1024	21,1417	21,1811	21,2205
540	21,2598	21,2992	21,3386	21,3780	21,4173	21,4567	21,4961	21,5354	21,5748	21,6142
550	21,6535	21,6929	21,7323	21,7717	21,8110	21,8504	21,8898	21,9291	21,9685	22,0079
560	22,0472	22,0866	22,1260	22,1654	22,2047	22,2441	22,2835	22,3228	22,3622	22,4016
570	22,4409	22,4803	22,5197	22,5591	22,5984	22,6378	22,6772	22,7165	22,7559	22,7953
580	22,8346	22,8740	22,9134	22,9528	22,9921	23,0315	23,0709	23,1102	23,1496	23,1890
590	23,2283	23,2677	23,3071	23,3465	23,3858	23,4252	23,4646	23,5039	23,5433	23,5827
600	23,6220	23,6614	23,7008	23,7402	23,7795	23,8189	23,8583	23,8976	23,9370	23,9764
610	24,0157	24,0551	24,0945	24,1339	24,1732	24,2126	24,2520	24,2913	24,3307	24,3701
620	24,4094	24,4488	24,4882	24,5276	24,5669	24,6063	24,6457	24,6850	24,7244	24,7638
630	24,8031	24,8425	24,8819	24,9213	24,9606	25,0000	25,0394	25,0787	25,1181	25,1575
640	25,1969	25,2362	25,2756	25,3150	25,3543	25,3937	25,4331	25,4724	25,5118	25,5512
650	25,5906	25,6299	25,6693	25,7087	25,7480	25,7874	25,8268	25,8661	25,9055	25,9449
660	25,9843	26,0236	26,0630	26,1024	26,1417	26,1811	26,2205	26,2598	26,2992	26,3386
670	26,3780	26,4173	26,4567	26,4961	26,5354	26,5748	26,6142	26,6535	26,6929	26,7323
680	26,7717	26,8110	26,8504	26,8898	26,9291	26,9685	27,0079	27,0472	27,0866	27,1260
690	27,1654	27,2047	27,2441	27,2835	27,3228	27,3622	27,4016	27,4409	27,4803	27,5197
700	27,5591	27,5984	27,6378	27,6772	27,7165	27,7559	27,7953	27,8346	27,8740	27,9134
710	27,9528	27,9921	28,0315	28,0709	28,1102	28,1496	28,1890	28,2283	28,2677	28,3071
720	28,3465	28,3858	28,4252	28,4646	28,5039	28,5433	28,5827	28,6220	28,6614	28,7008
730	28,7402	28,7795	28,8189	28,8583	28,8976	28,9370	28,9764	29,0157	29,0551	29,0945
740	29,1339	29,1732	29,2126	29,2520	29,2913	29,3307	29,3701	29,4094	29,4488	29,4882
750	29,5276	29,5669	29,6063	29,6457	29,6850	29,7244	29,7638	29,8031	29,8425	29,8819
760	29,9213	29,9606	30,0000	30,0394	30,0787	30,1181	30,1575	30,1969	30,2362	30,2756
770	30,3150	30,3543	30,3937	30,4331	30,4724	30,5118	30,5512	30,5906	30,6299	30,6693
780	30,7087	30,7480	30,7874	30,8268	30,8661	30,9055	30,9449	30,9843	31,0236	31,0630
790	31,1024	31,1417	31,1811	31,2205	31,2598	31,2992	31,3386	31,3780	31,4173	31,4567
800	31,4961	31,5354	31,5748	31,6142	31,6535	31,6929	31,7323	31,7717	31,8110	31,8504
810	31,8898	31,9291	31,9685	32,0079	32,0472	32,0866	32,1260	32,1654	32,2047	32,2441
820	32,2835	32,3228	32,3622	32,4016	32,4409	32,4803	32,5197	32,5591	32,5984	32,6378
830	32,6772	32,7165	32,7559	32,7953	32,8346	32,8740	32,9134	32,9528	32,9921	33,0315
840	33,0709	33,1102	33,1496	33,1890	33,2283	33,2677	33,3071	33,3465	33,3858	33.4252
850	33,4646	33,5039	33,5433	33,5827	33,6220	33,6614	33,7008	33,7402	33,7795	33,8189
860	33,8583	33,8976	33,9370	33,9764	34,0157	34,0551	34,0945	34,1339	34,1732	34,2126
870	34,2520	34,2913	34,3307	34,3701	34,4094	34,3388	34,4882	34,5276	34,5669	34,6063
880	34,6457	34,6850	34,7244	34,7638	34,8031	34,8425	34,8819	34,9213	34,9606	35,0000
890	35,0394	35,0787	35,1181	35,1575	35,1969	35,2362	35,2756	35,3150	35,3543	35,3937
900	35,4331	35,4724	35,5118	35,5512	35,5906	35,6299	35,6693	35,7087	35,7480	35,7874
910	35,8268	35,8661	35,9055	35,9449	35,9843	36,0236	36,0630	36,1024	36,1417	36,1811
920	36,2205	36,2598	36,2992	36,3386	36,3780	36,4173	36,4567	36,4961	36,5354	36,5748
930	36,6142	36,6535	36,6929	36,7323	36,7717	36,8110	36,8504	36,8898	36,9291	36,9685
940	37,0079	37,0472	37,0866	37,1260	37,1654	37,2047	37,2441	37,2835	37,3228	37,3622
950	37,4016	37,4409	37,4803	37,5197	37,5591	37,5984	37,6378	37,6772	37,7165	37,7559
960	37,7953	37,8346	37,8740	37,9134	37,9528	37,9921	38,0315	38,0709	38,1102	38,1496
970	38,1890	38,2283	38,2677	38,3071	38,3465	38,3858	38,4252	38,4646	38,5039	38,5433
980	38,5827	38,6220	38,6614	38,7008	38,7402	38,7795	38,8189	38,8583	38,8976	38,9370
990	38,9764	39,0157	39,0551	39,0945	39,1339	39,1732	39,2126	39,2520	39,2913	39,3307
1000	39,3701									

Aplicación. 1.º Convertir 555 milímetros en pulgadas.
555 Milímetros = 21,8504 pulgadas (directamente en la Tabla)
2.º Convertir 55,5 milímetros en pulgadas.
55,5 Milímetros = 2,18504 pulgadas (21,8504 10)

Sistemas de pesas y medidas	CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE LONGITUD PULGADAS (DECIMALES) A MILÍMETROS	Tabla 7.15

Conversión de decimales de pulgada a milímetros. 1 Pulgada = 25,4 milímetros

Pulgadas	*0,000*	*0,001*	*0,002*	*0,003*	*0,004*	*0,005*	*0,006*	*0,007*	*0,008*	*0,009*
	Milímetros									
0,000	—	0,0254	0,0508	0,0762	0,1016	0,1270	0,1524	0,1778	0,2032	0,2286
0,010	0,2540	0,2794	0,3048	0,3302	0,3556	0,3810	0,4064	0,4318	0,4572	0,4826
0,020	0,5080	0,5334	0,5588	0,5842	0,6096	0,6350	0,6604	0,6858	0,7112	0,7366
0,030	0,7620	0,7874	0,8128	0,8382	0,8636	0,8890	0,9144	0,9398	0,9652	0,9906
0,040	1,0160	1,0414	1,0668	1,0922	1,1176	1,1430	1,1684	1,1938	1,2192	1,2446
0,050	1,2700	1,2954	1,3208	1,3462	1,3716	1,3970	1,4224	1,4478	1,4732	1,4986
0,060	1,5240	1,5494	1,5748	1,6002	1,6256	1,6510	1,6764	1,7018	1,7272	1,7526
0,070	1,7780	1,8034	1,8288	1,8542	1,8796	1,9050	1,9304	1,9558	1,9812	2,0066
0,080	2,0320	2,0574	2,0828	2,1082	2,1336	2,1590	2,1844	2,2098	2,2352	2,2606
0,090	2,2860	2,3114	2,3368	2,3622	2,3876	2,4130	2,4384	2,4638	2,4892	2,5146
0,100	2,5400	2,5654	2,5908	2,6162	2,6416	2,6670	2,6924	2,7178	2,7432	2,7686
0,110	2,7940	2,8194	2,8448	2,8702	2,8956	2,9210	2,9464	2,9718	2,9972	3,0226
0,120	3,0480	3,0734	3,0988	3,1242	3,1496	3,1750	3,2004	3,2258	3,2512	3,2766
0,130	3,3020	3,3274	3,3528	3,3782	3,4036	3,4290	3,4544	3,4798	3,5052	3,5306
0,140	3,5560	3,5814	3,6068	3,6322	3,6576	3,6830	3,7084	3,7338	3,7592	3,7846
0,150	3,8100	3,8354	3,8608	3,8862	3,9116	3,9370	3,9624	3,9878	4,0132	4,0386
0,160	4,0640	4,0894	4,1148	4,1402	4,1656	4,1910	4,2164	4,2418	4,2672	4,2926
0,170	4,3180	4,3434	4,3688	4,3942	4,4196	4,4450	4,4704	4,4958	4,5212	4,5466
0,180	4,5720	4,5974	4,6228	4,6482	4,6736	4,6990	4,7244	4,7498	4,7752	4,8006
0,190	4,8260	4,8514	4,8768	4,9022	4,9276	4,9530	4,9784	5,0038	5,0292	5,0546
0,200	5,0800	5,1054	5,1308	5,1562	5,1816	5,2070	5,2324	5,2578	5,2832	5,3086
0,210	5,3340	5,3594	5,3848	5,4102	5,4356	5,4610	5,4864	5,5118	5,5372	5,5626
0,220	5,5880	5,6134	5,6388	5,6642	5,6896	5,7150	5,7404	5,7658	5,7912	5,8166
0,230	5,8420	5,8674	5,8928	5,9182	5,9436	5,9690	5,9944	6,0198	6,0452	6,0706
0,240	6,0960	6,1214	6,1468	6,1722	6,1976	6,2230	6,2484	6,2738	6,2992	6,3246
0,250	6,3500	6,3754	6,4008	6,4262	6,4516	6,4770	6,5024	6,5278	6,5532	6,5786
0,260	6,6040	6,6294	6,6548	6,6802	6,7056	6,7310	6,7564	6,7818	6,8072	6,8326
0,270	6,8580	6,8834	6,9088	6,9342	6,9596	6,9850	7,0104	7,0358	7,0612	7,0866
0,280	7,1120	7,1374	7,1628	7,1882	7,2136	7,2390	7,2644	7,2898	7,3152	7,3406
0,290	7,3660	7,3914	7,4168	7,4422	7,4676	7,4930	7,5184	7,5438	7,5692	7,5946
0,300	7,6200	7,6454	7,6708	7,6962	7,7216	7,7470	7,7724	7,7978	7,8232	7,8486
0,310	7,8740	7,8994	7,9248	7,9502	7,9756	8,0010	8,0264	8,0518	8,0772	8,1026
0,320	8,1280	8,1534	8,1788	8,2042	8,2296	8,2550	8,2804	8,3058	8,3312	8,3566
0,330	8,3820	8,4074	8,4328	8,4582	8,4836	8,5090	8,5344	8,5598	8,5852	8,6106
0,340	8,6360	8,6614	8,6868	8,7122	8,7376	8,7630	8,7884	8,8138	8,8392	8,8646
0,350	8,8900	8,9154	8,9408	8,9662	8,9916	9,0170	9,0424	9,0678	9,0932	9,1186
0,360	9,1440	9,1694	9,1948	9,2202	9,2456	9,2710	9,2964	9,3218	9,3472	9,3726
0,370	9,3980	9,4234	9,4488	9,4742	9,4996	9,5250	9,5504	9,5758	9,6012	9,6266
0,380	9,6520	9,6774	9,7028	9,7282	9,7536	9,7790	9,8044	9,8298	9,8552	9,8806
0,390	9,9060	9,9314	9,9568	9,9822	10,0076	10,0330	10,0584	10,0838	10,1092	10,1346
0,400	10,1600	10,1854	10,2108	10,2362	10,2616	10,2870	10,3124	10,3378	10,3632	10,3886
0,410	10,4140	10,4394	10,4648	10,4902	10,5156	10,5410	10,5664	10,5918	10,6172	10,6426
0,420	10,6680	10,6934	10,7188	10,7442	10,7696	10,7950	10,8204	10,8458	10,8712	10,8966
0,430	10,9220	10,9474	10,9728	10,9982	11,0236	11,0490	11,0744	11,0998	11,1252	11,1506
0,440	11,1760	11,2014	11,2268	11,2522	11,2776	11,3030	11,3284	11,3538	11,3792	11,4046
0,450	11,4300	11,4554	11,4808	11,5062	11,5316	11,5570	11,5824	11,6078	11,6332	11,6586
0,460	11,6840	11,7094	11,7348	11,7602	11,7856	11,8110	11,8364	11,8618	11,8872	11,9126
0,470	11,9380	11,9634	11,9888	12,0142	12,0396	12,0650	12,0904	12,1158	12,1412	12,1666
0,480	12,1920	12,2174	12,2428	12,2682	12,2936	12,3190	12,3444	12,3698	12,3952	12,4206
0,490	12,4460	12,4714	12,4968	12,5222	12,5476	12,5730	12,5984	12,6238	12,6492	12,6746

Aplicación. 1.° Convertir 0,12 pulgadas en milímetros.

0,12 Pulgadas = 3,048 mm (directamente en la Tabla)

2.° Convertir 0,125 pulgadas en milímetros.

0,125 Pulgadas = 3,175 mm (directamente en la Tabla)

Sistemas de pesas y medidas	**CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE LONGITUD PULGADAS (DECIMALES) A MILÍMETROS**	Tabla 7_2.15

Conversión de decimales de pulgada a milímetros. 1 Pulgada = 25,4 milímetros

Pulgadas	*0,000*	*0,001*	*0,002*	*0,003*	*0,004*	*0,005*	*0,006*	*0,007*	*0,008*	*0,009*
						Milímetros				
0,500	12,7000	12,7254	12,7508	12,7762	12,8016	12,8270	12,8524	12,8778	12,9032	12,9286
0,510	12,9540	12,9794	13,0048	13,0302	13,0556	13,0810	13,1064	13,1318	13,1572	13,1826
0,520	13,2080	13,2334	13,2588	13,2842	13,3096	13,3350	13,3604	13,3858	13,4112	13,4366
0,530	13,4620	13,4874	13,5128	13,5382	13,5636	13,5890	13,6144	13,6398	13,6652	13,6906
0,540	13,7160	13,7414	13,7668	13,7922	13,8176	13,8430	13,8684	13,8938	13,9192	13,9446
0,550	13,9700	13,9954	14,0208	14,0462	14,0716	14,0970	14,1224	14,1478	14,1732	14,1986
0,560	14,2240	14,2494	14,2748	14,3002	14,3256	14,3510	14,3764	14,4018	14,4272	14,4526
0,570	14,4780	14,5034	14,5288	14,5542	14,5796	14,6050	14,6304	14,6558	14,6812	14,7066
0,580	14,7320	14,7574	14,7828	14,8082	14,8336	14,8590	14,8844	14,9098	14,9352	14,9606
0,590	14,9860	15,0114	15,0368	15,0622	15,0876	15,1130	15,1384	15,1638	15,1892	15,2146
0,600	15,2400	15,2654	15,2908	15,3162	15,3416	15,3670	15,3924	15,4178	15,4432	15,4686
0,610	15,4940	15,5194	15,5448	15,5702	15,5956	15,6210	15,6464	15,6718	15,6972	15,7226
0,620	15,7480	15,7734	15,7988	15,8242	15,8496	15,8750	15,9004	15,9258	15,9512	15,9766
0,630	16,0020	16,0274	16,0528	16,0782	16,1036	16,1290	16,1544	16,1798	16,2052	16,2306
0,640	16,2560	16,2814	16,3068	16,3322	16,3576	16,3830	16,4084	16,4338	16,4592	16,4846
0,650	16,5100	16,5354	16,5608	16,5862	16,6116	16,6370	16,6624	16,6878	16,7132	16,7386
0,660	16,7640	16,7894	16,8148	16,8402	16,8656	16,8910	16,9164	16,9418	16,9672	16,9926
0,670	17,0180	17,0434	17,0688	17,0942	17,1196	17,1450	17,1704	17,1958	17,2212	17,2466
0,680	17,2720	17,2974	17,3228	17,3482	17,3736	17,3990	17,4244	17,4498	17,4752	17,5006
0,690	17,5260	17,5514	17,5768	17,6022	17,6276	17,6530	17,6784	17,7038	17,7292	17,7546
0,700	17,7800	17,8054	17,8308	17,8562	17,8816	17,9070	17,9324	17,9578	17,9832	18,0086
0,710	18,0340	18,0594	18,0848	18,1102	18,1356	18,1610	18,1864	18,2118	18,2372	18,2626
0,720	18,2880	18,3134	18,3388	18,3642	18,3896	18,4150	18,4404	18,4658	18,4912	18,5166
0,730	18,5420	18,5674	18,5928	18,6182	18,6436	18,6690	18,6944	18,7198	18,7452	18,7706
0,740	18,7960	18,8214	18,8468	18,8722	18,8976	18,9230	18,9484	18,9738	18,9992	19,0246
0,750	19,0500	19,0754	19,1008	19,1262	19,1516	19,1770	19,2024	19,2278	19,2532	19,2786
0,760	19,3040	19,3294	19,3548	19,3802	19,4056	19,4310	19,4564	19,4818	19,5072	19,5326
0,770	19,5580	19,5834	19,6088	19,6342	19,6596	19,6850	19,7104	19,7358	19,7612	19,7866
0,780	19,8120	19,8374	19,8628	19,8882	19,9136	19,9390	19,9644	19,9898	20,0152	20,0406
0,790	20,0660	20,0914	20,1168	20,1422	20,1676	20,1930	20,2184	20,2438	20,2692	20,2946
0,800	20,3200	20,3454	20,3708	20,3962	20,4216	20,4470	20,4724	20,4978	20,5232	20,5486
0,810	20,5740	20,5994	20,6248	20,6502	20,6756	20,7010	20,7264	20,7518	20,7772	20,8026
0,820	20,8280	20,8534	20,8788	20,9042	20,9296	20,9550	20,9804	21,0058	21,0312	21,0566
0,830	21,0820	21,1074	21,1328	21,1582	21,1836	21,2090	21,2344	21,2598	21,2852	21,3106
0,840	21,3360	21,3614	21,3868	21,4122	21,4376	21,4630	21,4884	21,5138	21,5392	21,5646
0,850	21,5900	21,6154	21,6408	21,6662	21,6916	21,7170	21,7424	21,7678	21,7932	21,8186
0,860	21,8440	21,8694	21,8948	21,9202	21,9456	21,9710	21,9964	22,0218	22,0472	22,0726
0,870	22,0980	22,1234	22,1488	22,1742	22,1996	22,2250	22,2504	22,2758	22,3012	22,3266
0,880	22,3520	22,3774	22,4028	22,4282	22,4536	22,4790	22,5044	22,5298	22,5552	22,5806
0,890	22,6060	22,6314	22,6568	22,6822	22,7076	22,7330	22,7584	22,7838	22,8092	22,8346
0,900	22,8600	22,8854	22,9108	22,9362	22,9616	22,9870	23,0124	23,0378	23,0632	23,0886
0,910	23,1140	23,1394	23,1648	23,1902	23,2156	23,2410	23,2664	23,2918	23,3172	23,3426
0,920	23,3680	23,3934	23,4188	23,4442	23,4696	23,4950	23,5204	23,5458	23,5712	23,5966
0,930	23,6220	23,6474	23,6728	23,6982	23,7236	23,7490	23,7744	23,7998	23,8252	23,8506
0,940	23,8760	23,9014	23,9268	23,9522	23,9776	24,0030	24,0284	24,0538	24,0792	24,1046
0,950	24,1300	24,1554	24,1808	24,2062	24,2316	24,2570	24,2824	24,3078	24,3332	24,3586
0,960	24,3840	24,4094	24,4348	24,4602	24,4856	24,5110	24,5364	24,5618	24,5872	24,6126
0,970	24,6380	24,6634	24,6888	24,7142	24,7396	24,7650	24,7904	24,8158	24,8412	24,8666
0,980	24,8920	24,9174	24,9428	24,9682	24,9936	25,0190	25,0444	25,0698	25,0952	25,1206
0,990	25,1460	25,1714	25,1968	25,2222	25,2476	25,2730	25,2984	25,3238	25,3492	25,3746
1,000	25,4000									

Aplicación: 1.° Convertir 0,555 pulgadas en milímetros.
0,555 Pulgadas = 14,097 milímetros (directamente en la Tabla).
2.° Convertir 0,055 pulgadas en milímetros
0,055 Pulgadas = 1,397 milímetros (13,97 10, de la Tabla).

Sistemas de pesas y medidas	**CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE LONGITUD PULGADAS CON FRACCIONES A MILÍMETROS**	Tabla 8.15

Convertir pulgadas a milímetros. 1 Pulgada 25,4 milímetros

Pulgadas		*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*
Fracciones		*Milímetros*											
0	0	0	25,4000	50,8000	76,2000	101,6000	127,0000	152,4000	177,8000	203,2000	228,6000	254,0000	279,4000
1/64	0,015625	0,3969	25,7969	51,1969	76,5969	101,9969	127,3969	152,7969	178,1969	203,5969	228,9969	254,3969	279,7969
1/32	0,03125	0,7938	26,1938	51,5938	76,9938	102,3938	127,7938	153,1938	178,5938	203,9938	229,3938	254,7938	280,1938
3/64	0,046875	1,1906	26,5906	51,9906	77,3906	102,7906	128,1906	153,5906	178,9906	204,3906	229,7906	255,1906	280,5906
1/16	0,0625	1,5875	26,9875	52,3875	77,7875	103,1875	128,5875	153,9875	179,3875	204,7875	230,1875	255,5875	280,9875
5/64	0,078125	1,9844	27,3844	52,7844	78,1844	103,5844	128,9844	154,3844	179,7844	205,1844	230,5844	255,9844	281,3844
3/32	0,09375	2,3812	27,7812	53,1812	78,5812	103,9812	129,3812	154,7812	180,1812	205,5812	230,9812	256,3812	281,7812
7/64	0,109375	2,7781	28,1781	53,5781	78,9781	104,3781	129,7781	155,1781	180,5781	205,9781	231,3781	256,7781	282,1781
1/8	0,125	3,1750	28,5750	53,9750	79,3750	104,7750	130,1750	155,5750	180,9750	206,3750	231,7750	257,1750	282,5750
9/64	0,140625	3,5719	28,9719	54,3719	79,7719	105,1719	130,5719	155,9719	181,3719	206,7719	232,1719	257,5719	282,9719
5/32	0,15625	3,9688	29,3688	54,7688	80,1688	105,5688	130,9688	156,3688	181,7688	207,1688	232,5688	257,9688	283,3688
11/64	0,171875	4,3656	29,7656	55,1656	80,5656	105,9656	131,3656	156,7656	182,1656	207,5656	232,9656	258,3656	283,7656
3/16	0,1875	4,7625	30,1625	55,5625	80,9625	106,3625	131,7625	157,1625	182,5625	207,9625	233,3625	258,7625	284,1625
13/64	0,203125	5,1594	30,5594	55,9694	81,3594	106,7594	132,1594	157,5594	182,9594	208,3594	233,7594	259,1594	284,5594
7/32	0,21875	5,5562	30,9562	56,3562	81,7562	107,1562	132,5562	157,9562	183,3562	208,7562	234,1562	259,5562	284,9562
15/64	0,234375	5,9531	31,3531	56,7531	82,1531	107,5531	132,9531	158,3531	183,7531	209,1531	234,5531	259,9531	285,3531
1/4	0,25	6,3500	31,7500	57,1500	82,5500	107,9500	133,3500	158,7500	184,1500	209,5500	234,9500	260,3500	285,7500
17/64	0,265625	6,7469	32,1469	57,5469	82,9469	108,3469	133,7469	159,1469	184,5469	209,9469	235,3469	260,7469	286,1469
9/32	0,28125	7,1438	32,5438	57,9438	83,3438	108,7438	134,1438	159,5438	184,9438	210,3438	235,7438	261,1438	286,5438
19/64	0,296875	7,5406	32,9406	58,3406	83,7406	109,1406	134,5406	159,9106	185,3406	210,7406	236,1406	261,5406	286,9406
5/16	0,3125	7,9375	33,3375	58,7375	84,1375	109,5375	134,9375	160,3375	185,7375	211,1375	236,5375	261,9375	287,3375
21/64	0,328125	8,3344	33,7344	59,1344	84,5344	109,9344	135,3344	160,7344	186,1344	211,5344	236,9344	262,3344	287,7344
11/32	0,34375	8,7312	34,1312	59,5312	84,9312	110,3312	135,7312	161,1312	186,5312	211,9312	237,3312	262,7312	288,1312
23/64	0,359375	9,1281	34,5281	59,9281	85,3281	110,7281	136,1281	161,5281	186,9281	212,3281	237,7281	263,1281	288,5281
3/8	0,375	9,5250	34,9250	60,3250	85,7250	111,1250	136,5250	161,9250	187,3250	212,7250	238,1250	263,5250	288,9250
25/64	0,390625	9,9219	35,3219	60,7219	86,1219	111,5219	136,9219	162,3219	187,7219	213,1219	238,5219	263,9219	289,3219
13/12	0,40625	10,3188	35,7188	61,1188	86,5188	111,9188	137,3188	162,7188	188,1188	213,5188	238,9188	264,3188	289,7188
27/64	0,421875	10,7156	36,1156	61,5156	86,9156	112,3156	137,7156	163,1156	188,5156	213,9156	239,3156	264,7156	290,1156
7/16	0,4375	11,1125	36,5125	61,9125	87,3125	112,7125	138,1125	163,5125	188,9125	214,3125	239,7125	265,1125	290,5125
29/64	0,453125	11,5094	36,9094	62,3094	87,7094	113,1094	138,5094	163,9094	189,3094	214,7094	240,1094	265,5094	290,9094
15/32	0,46875	11,9062	37,3062	62,7062	88,1062	113,5062	138,9062	164,3062	189,7062	215,1062	240,5062	265,9062	291,3062
31/64	0,484375	12,3031	37,7031	63,1031	88,5031	113,9031	139,3031	164,7031	190,1031	215,5031	240,9031	266,3031	291,7031
1/2	0,5	12,7000	38,1000	63,5000	88,9000	114,3000	139,7000	165,1000	190,5000	215,9000	241,3000	266,7000	292,1000
33/64	0,515625	13,0969	38,4969	63,8969	89,2969	114,6969	140,0969	165,4969	190,8969	216,2969	241,6969	267,0969	292,4969
17/32	0,53125	13,4938	38,8938	64,2938	89,6938	115,0938	140,4938	165,8938	191,2938	216,6938	242,0938	267,4938	292,8938
35/64	0,546875	13,8906	39,2906	64,6906	90,0906	115,4906	140,8906	166,2906	191,6906	217,0906	242,4906	267,8906	293,2906
9/16	0,5625	14,2875	39,6875	65,0875	90,4875	115,8875	141,2875	166,6875	192,0875	217,4875	242,8875	268,2875	293,6873
37/64	0,578125	14,6844	40,0844	65,4844	90,8844	116,2844	141,6844	167,0844	192,4844	217,8844	243,2844	268,6844	294,0844
19/32	0,59375	15,0812	40,4812	65,8812	91,2812	116,6812	142,0812	167,4812	192,8812	218,2812	243,6812	269,0812	294,4812
39/64	0,609375	15,4781	40,8781	66,2781	91,6781	117,0781	142,4781	167,8781	193,2781	218,6781	244,0781	269,4781	294,8781
5/8	0,625	15,8750	41,2750	66,6750	92,0750	117,4750	142,8750	168,2750	193,6750	219,0750	244,4750	269,8750	295,2750
41/64	0,640625	16,2719	41,6719	67,0719	92,4719	117,8719	143,2719	168,6719	194,0719	219,4719	244,8719	270,2719	295,6719
21/32	0,65625	16,6688	42,0688	67,4688	92,8688	118,2688	143,6688	169,0688	194,4688	219,8688	245,2688	270,6688	296,0688
43/64	0,671875	17,0656	42,4656	67,8656	93,2656	118,6656	144,0656	169,4656	194,8656	220,2656	245,6656	271,0656	296,4656
11/16	0,6875	17,4625	42,8625	68,2625	93,6625	119,0625	144,4625	169,8625	195,2625	220,6625	246,0625	271,4625	296,8625
45/64	0,703125	17,8594	43,2594	68,6594	94,0594	119,4594	144,8594	170,2594	195,6594	221,0594	246,4594	271,8594	297,2594
23/32	0,71875	18,2562	43,6562	69,0562	94,4562	119,8562	145,2562	170,6562	196,0562	221,4562	246,8562	272,2562	297,6562
47/64	0,734375	18,6531	44,0531	69,4531	94,8531	120,2531	145,6531	171,0531	196,4531	221,8531	247,2531	272,6531	298,0531
3/4	0,75	19,0500	44,4500	69,8500	95,2500	120,6500	146,0500	171,4500	196,8500	222,2500	247,6500	273,0500	298,4500
49/64	0,765625	19,4469	44,8469	70,2469	95,6469	121,0469	146,4469	171,8469	197,2469	222,6469	248,0469	273,4469	298,8469
25/32	0,78125	19,8438	45,2438	70,6438	96,0438	121,4438	146,8438	172,2438	197,6438	223,0438	248,4438	273,8438	299,2438
51/64	0,796875	20,2406	45,6406	71,0406	96,4406	121,8406	147,2406	172,6406	198,0406	223,4406	248,8406	274,2406	299,6406
13/16	0,8125	20,6375	46,0375	71,4375	96,8375	122,2375	147,6375	173,0375	198,4375	223,8375	249,2375	274,6375	300,0375
53/64	0,828125	21,0344	46,4344	71,8344	97,2344	122,6344	148,0344	173,4344	198,8344	224,2344	249,6344	275,0344	300,4344
27/32	0,84375	21,4312	46,8312	72,2312	97,6312	123,0312	148,4312	173,8312	199,2312	224,6312	250,0312	275,4312	300,8312
55/64	0,859375	21,8281	47,2281	72,6281	98,0281	123,4281	148,8281	174,2281	199,6281	225,0281	250,4281	275,8281	301,2281
7/8	0,875	22,2250	47,6250	73,0250	98,4250	123,8250	149,2250	174,6250	200,0250	225,4250	250,8250	276,2250	301,6250
57/64	0,890625	22,6219	48,0219	73,4219	98,8219	124,2219	149,6219	175,0219	200,4219	225,8219	251,2219	276,6219	302,0219
29/32	0,90625	23,0188	48,4188	73,8188	99,2188	124,6188	150,0188	175,4188	200,8188	226,2188	251,6188	277,0188	302,4188
59/64	0,921875	23,4156	48,8156	74,2156	99,6156	125,0156	150,4156	175,8156	201,2156	226,6156	252,0156	277,4156	302,8156
15/16	0,9375	23,8125	49,2125	74,6125	100,0125	125,4125	150,8125	176,2125	201,6125	227,0125	252,4125	277,8125	303,2125
61/64	0,953125	24,2094	49,6094	75,0094	100,4094	125,8094	151,2094	176,6094	202,0094	227,4094	252,8094	278,2094	303,6094
31/32	0,96875	24,6062	50,0062	75,4062	100,8062	126,2062	151,6062	177,0062	202,4062	227,8062	253,2062	278,6062	304,0062
63/64	0,984375	25,0031	50,4031	75,8031	101,2031	126,6031	152,0031	177,4031	202,8031	228,2031	253,6031	279,0031	304,4031
												12''	304,8000

Aplicación 1.º Convertir 4 9/16 o 4,5625 pulgadas en milímetros.

4 9/16 o 4,5625 Pulgadas – 115,8875 milímetros (directamente en la Tabla)

2.º Convertir 4 9/16 pulgadas en milímetros

4 9/16 Pulgadas = 101,60 + 14,2875 = 115,8875 mm.

Sistemas de pesas y medidas	**CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE LONGITUD PIES Y PULGADAS A MILÍMETROS**	**Tabla 9.15**

Convertir pies y pulgadas a milímetros. 1 Pie = 12 pulgadas = 304,8 milímetros. 1 Pulgada = 25,4 milímetros

Pulgadas		*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
Pies	*Pulg.*	*Milímetros*												
0	0	0	25,40	50,80	76,20	101,60	127,00	152,40	177,80	203,20	228,60	254,00	279,40	304,80
1	12	304,80	330,20	355,60	381,00	406,40	431,80	457,20	482,60	508,00	533,40	588,80	584,20	609,60
2	24	609,60	635,00	660,40	685,80	711,20	736,60	762,00	787,40	812,00	838,20	863,60	889,00	914,40
3	36	914,40	939,80	965,20	990,60	1016,0	1041,4	1066,8	1092,2	1117,6	1143,0	1168,4	1193,8	1219,2
4	48	1219,2	1244,6	1270,0	1295,4	1320,8	1346,2	1371,6	1397,0	1422,4	1447,8	1473,2	1498,6	1524,0
5	60	1524,0	1549,4	1574,8	1600,2	1625,6	1651,0	1676,4	1701,4	1727,2	1752,6	1778,0	1803,4	1828,8
6	72	1828,8	1854,2	1879,6	1905,0	1930,4	1955,8	1981,2	2006,6	2032,0	2057,4	2082,8	2108,2	2133,6
7	84	2133,6	2159,0	2184,4	2209,8	2235,2	2260,6	2286,0	2311,4	2336,8	2362,2	2387,6	2413,0	2438,4
8	96	2438,4	2463,8	2489,2	2514,6	2540,0	2565,4	2590,8	2616,2	2641,6	2667,0	2692,4	2717,8	2743,2
9	108	2743,2	2768,6	2794,0	2819,4	2844,8	2870,2	2895,6	2921,0	2946,4	2971,8	2997,2	3022,6	3048,0
10	120	3048,0	3073,4	3098,8	3124,2	3149,6	3175,0	3200,4	3225,8	3251,2	3276,6	3302,0	3327,4	3352,8
11	132	3352,8	3378,2	3403,6	3429,0	3454,4	3479,8	3505,2	3530,6	3556,0	3581,4	3606,8	3632,2	3657,6
12	144	3657,6	3683,0	3708,4	3733,8	3759,2	3784,6	3810,0	3835,4	3860,8	3886,2	3911,6	3937,0	3962,4
13	156	3962,4	3987,8	4013,2	4038,6	4064,0	4089,4	4114,8	4140,2	4165,6	4191,0	4216,4	4241,8	4267,2
14	168	4267,2	4292,6	4318,0	4343,4	4368,8	4394,2	4419,6	4445,0	4470,4	4495,8	4521,2	4546,6	4572,0
15	180	4572,0	4597,4	4622,8	4648,2	4673,6	4699,0	4724,4	4749,8	4775,2	4800,6	4826,0	4851,4	4876,8
16	192	4876,8	4902,2	4927,6	4953,0	4978,4	5003,8	5029,2	5054,6	5080,0	5105,4	5130,8	5156,2	5181,6
17	204	5181,6	5207,0	5232,4	5257,8	5283,2	5308,6	5334,0	5359,4	5384,8	5410,2	5435,6	5461,0	5486,4
18	216	5486,4	5511,8	5537,2	5562,6	5588,0	5613,4	5638,8	5664,2	5689,6	5715,0	5740,4	5765,8	5791,2
19	228	5791,2	5816,6	5842,0	5867,4	5892,8	5918,2	5943,6	5969,0	5994,4	6019,8	6045,2	6070,6	6096,0
20	240	6096,0	6121,4	6146,8	6172,2	6197,6	6223,0	6248,4	6273,8	6299,2	6324,6	6350,0	6375,4	6400,8
21	252	6400,8	6426,2	6451,6	6477,0	6502,4	6527,8	6553,2	6578,6	6604,0	6629,4	6654,8	6680,2	6705,6
22	264	6705,6	6731,0	6756,4	6781,8	6807,2	6832,6	6858,0	6883,4	6908,8	6934,2	6959,6	6985,0	7010,4
23	276	7010,4	7035,8	7061,2	7086,6	7112,0	7137,4	7162,8	7188,2	7213,6	7239,0	7264,4	7289,8	7315,2
24	288	7315,2	7340,6	7366,0	7391,4	7416,8	7442,2	7467,6	7493,0	7518,4	7543,8	7569,2	7594,6	7620,0
25	300	7620,0	7645,4	7670,8	7696,2	7721,6	7747,0	7772,4	7797,8	7823,2	7848,6	7874,0	7899,4	7924,8
26	312	7924,8	7950,2	7975,6	8001,0	8026,4	8051,8	8077,2	8102,6	8128,0	8153,4	8178,8	8204,2	8229,6
27	324	8229,6	8255,0	8280,4	8305,8	8331,2	8356,6	8332,0	8407,4	8432,8	8458,2	8483,6	8509,0	8534,4
28	336	8534,4	8559,8	8585,2	8610,6	8636,0	8661,4	8686,8	8712,2	8737,6	8763,0	8788,4	8813,8	8839,2
29	348	8839,2	8864,6	8890,0	8915,4	8940,8	8966,2	8991,6	9017,0	9042,4	9067,8	9093,2	9118,6	9144,0
30	360	9144,0	9169,4	9194,8	9220,2	9245,6	9271,0	9296,4	9321,8	9347,2	9372,6	9398,0	9423,4	9448,8
31	372	9448,8	9474,2	9499,6	9525,0	9550,4	9575,8	9601,2	9626,6	9652,0	9677,4	9702,8	9728,2	9753,6
32	384	9753,6	9779,0	9804,4	9829,8	9855,2	9880,6	9906,0	9931,4	9956,8	9982,2	10008	10033	10058
33	396	10058	10084	10109	10135	10160	10185	10211	10236	10262	10287	10312	10338	10363
34	408	10363	10389	10414	10439	10465	10490	10516	10541	10566	10592	10617	10643	10668
35	420	10668	10693	10719	10744	10770	10795	10820	10846	10871	10897	10922	10947	10973
36	432	10973	10998	11024	11049	11074	11100	11125	11151	11176	11201	11227	11252	11278
37	444	11278	11303	11328	11354	11379	11405	11430	11455	11481	11506	11532	11557	11582
38	456	11582	11608	11633	11659	11684	11709	11735	11760	11786	11811	11836	11862	11887
39	468	11887	11913	11938	11963	11989	12014	12040	12065	12090	12116	12141	12167	12192
40	480	12192	12217	12243	12268	12294	12319	12344	12370	12395	12421	12446	12471	12497
41	492	12497	12522	12548	12573	12598	12624	12649	12675	12700	12725	12751	12776	12802
42	504	12802	12827	12852	12878	12903	12929	12954	12979	13005	13030	13056	13081	13106
43	516	13106	13132	13157	13183	13208	13233	13259	13284	13310	13335	13360	13386	13411
44	528	13411	13437	13462	13487	13513	13538	13564	13589	13614	13640	13665	13691	13716
45	540	13716	13741	13767	13792	13818	13843	13868	13894	13919	13945	13970	13995	14021
46	552	14021	14046	14072	14097	14122	14148	14173	14199	14224	14249	14275	14300	14326
47	564	14326	14351	14376	14402	14427	14453	14478	14503	14529	14554	14580	14605	14630
48	576	14630	14656	14681	14707	14732	14757	14783	14808	14834	14859	14884	14910	14935
49	588	14935	14961	14986	15011	15037	15062	15088	15113	15138	15164	15189	15215	15240
50	600	15240												

Aplicación: 1.° Convertir 15 pies y 4 pulgadas o 184 pulgadas en milímetros.
15 Pies y 4 pulg. o 184 pulg. = 4673,6 milímetros (directamente en la Tabla).
2.° Convertir 40 pies y 10 pulgadas o 490 pulgadas en milímetros.
40 Pies y 10 pulgadas = **12192 + 254 = 12446** milímetros (valores en la Tabla).

Sistemas de pesas y medidas	**CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE LONGITUD METROS-PIES. METROS-YARDAS**	Tabla 10.15

Convertir metros en pies. 1 Metro = 3,28084 pies.

Metros	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Pies					
0	0,00	3,2808	6,5617	9,8425	13,1234	16,4042	19,6850	22,9659	26,2467	29,5276
10	32,8084	36,0892	39,3701	42,6509	45,9318	49,2126	52,4934	55,7743	59,0551	62,3360
20	65,6168	68,8976	72,1785	75,4593	78,7402	82,0210	85,3019	88,5827	91,8635	95,1444
30	92,4252	101,7060	104,9869	108,2677	111,5486	114,8294	118,1102	121,3911	142,6719	127,9528
40	131,2336	134,5144	137,7953	141,0761	144,3570	147,6378	150,9186	154,1995	157,4803	160,7612
50	164,0420	167,3228	170,6037	173,8845	177,1654	180,4462	183,7270	187,0079	190,2887	193,5696
60	196,8504	200,1312	203,4121	206,6929	209,9738	213,2546	216,5354	219,8163	223,0971	226,3780
70	229,6588	232,9396	236,2205	239,5013	242,7822	246,0630	249,3438	252,6247	255,9055	259,1864
80	262,2467	265,7480	269,0289	272,3097	275,5906	278,8714	282,1522	285,4331	288,7139	291,9948
90	295,2756	298,5564	301,8373	305,1181	308,3990	311,6798	314,9606	318,2415	321,5223	324,8031

Convertir pies en metros. 1 Pie = 0,3048 metros.

Pies	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Metros					
0	0,00	0,3048	0,6096	0,9144	1,2192	1,5240	1,8288	2,1336	2,4384	2,7432
10	3,0480	3,3528	3,6576	3,9624	4,2672	4,5720	4,8768	5,1816	5,4864	5,7912
20	6,0960	6,4008	6,7056	7,0104	7,3152	7,6200	7,9248	8,2296	8,5344	8,8392
30	9,1440	9,4488	9,7536	10,0584	10,3632	10,6680	10,9728	11,2776	11,5824	11,8872
40	12,1920	12,4968	12,8016	13,1064	13,4112	13,7160	14,0208	14,3256	14,6304	14,9352
50	15,2400	15,5448	15,8496	16,1544	16,4592	16,7640	17,0688	17,3736	17,6784	17,9832
60	18,2880	18,5928	18,8976	19,2024	19,5072	19,8120	20,1168	20,4216	20,7264	21,0312
70	21,3360	21,6408	21,9456	22,2504	22,5552	22,8600	23,1648	23,4696	23,7744	24,0792
80	24,3840	24,6888	24,9936	25,2984	25,6032	25,9080	26,2128	26,5176	26,8224	27,1272
90	27,4320	27,7368	28,0416	28,3464	28,6512	28,9560	29,2608	29,5656	29,8704	30,1752

Aplicación. Convertir 50,37 metros en pies. 50,37 M = 164,0420 + 1,2139 = 165,26 pies.

Convertir metros en yardas. 1 Metro = 1,093613 yardas.

Metros	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Yardas					
0	0,00	1,0936	2,1872	3,2808	4,3744	5,4680	6,5617	7,6553	8,7489	9,8425
10	10,9361	12,0297	13,1233	14,2169	15,3105	16,4042	17,4978	18,5914	19,6850	20,7786
20	21,8722	22,9658	24,0594	25,1530	26,2466	27,3403	28,4339	29,5275	30,6211	31,7147
30	32,8083	33,9019	34,9955	36,0891	37,1827	38,2764	39,3700	40,4636	41,5572	42,6508
40	43,7444	44,8380	45,9316	47,0252	48,1188	49,2125	50,3061	51,3997	52,4933	53,5869
50	50,6806	55,7742	56,8678	57,9614	59,0550	60,1486	61,2422	62,3358	63,4294	64,5230
60	65,6167	66,7103	67,8039	68,8975	69,9911	71,0847	72,1783	73,2719	74,3655	75,4591
70	76,5527	77,6464	78,7400	79,8336	80,9272	82,0208	83,1144	84,2080	85,3016	86,3952
80	87,4889	88,5825	89,6761	90,7697	91,8633	92,9569	94,0505	95,1441	96,2377	97,3313
90	98,4250	99,5186	100,6122	101,7058	102,7994	103,8930	104,9866	106,0802	107,1738	108,2674

Convertir yardas en metros. 1 Yarda 0,9144 metros.

Yardas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Metros					
0	0,00	0,9144	1,8288	2,7432	3,6576	5,5720	5,4864	6,4008	7,3135	8,2296
10	9,1440	10,0584	10,9728	11,8872	12,8016	13,7160	14,6304	15,5448	16,4592	17,3736
20	18,2880	19,2024	20,1168	21,0312	21,9456	22,8600	23,7744	24,6888	25,6032	26,5176
30	27,4320	28,3464	29,2608	30,1752	31,0896	32,0040	32,9184	33,8328	34,7472	35,6616
40	36,5760	37,4904	38,4048	39,3192	40,2336	41,1480	42,0624	42,9768	43,8912	44,8056
50	45,7200	46,6344	47,5488	48,4632	49,3776	50,2920	51,2064	52,1208	53,0332	53,9496
60	54,8640	55,7784	56,6928	57,6072	58,5216	59,4360	60,3504	61,2648	62,1792	63,0936
70	64,0080	64,9224	65,8368	66,7512	67,6656	68,5800	69,4944	70,4088	71,3232	72,2376
80	73,1520	74,0664	74,9808	75,8952	76,8096	77,7240	78,6384	79,5528	80,4672	81,3816
90	82,2960	83,2104	84,1248	85,0392	85,9536	86,8680	87,7824	88,6968	89,6112	90,5256

Aplicación. Convertir 50,37 yardas en metros. 50,37 Yardas 45,72 + 0,3383 = 46,0583 metros.

CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE LONGITUD KILÓMETROS-MILLAS. KILÓMETROS-MILLAS MARINAS

Convertir kilómetros en millas. 1 Kilómetro = 0,621371 millas.

Km.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Millas									
0	0,00	0,6214	1,24274	1,8641	2,4855	3,1063	3,7282	4,3496	4,9710	5,5923
10	6,2137	6,8351	7,45644	8,0778	8,6992	9,3205	9,9419	10,5633	11,1847	11,8060
20	12,4274	13,0488	13,67014	14,2915	14,9129	15,5342	16.1556	16,7770	17,3984	18,0197
30	18,6411	19,2625	19,88384	20,5052	21,1266	21,7479	22,3693	22,9907	23,6121	24,2334
40	24,8548	25,4762	26,09754	26,7189	27,3403	27,9616	28,5830	29,2044	29,8258	30,4471
50	31,0685	31,6899	32,31124	32,9326	33,5540	34,1753	34,7967	35,4181	36,0395	36,6608
60	37,2822	37,9036	38,52494	39,1463	39,7677	40,3890	41,0104	41,6318	42,2532	42,8745
70	43,4959	44,1173	47,73864	45,3600	45,9814	46,6028	47,2242	47,8456	48,4669	49,0883
80	49,7097	50,3310	50,95234	51,5738	52,1952	52,8165	53,4379	54,0593	54,6806	55,3020
90	55,9234	56,5446	57,16604	57,7875	58,4089	59,0302	59,6515	60,2730	60,8944	61,5157

Convertir millas en kilómetros. 1 Milla = 1,609344 kilómetros

Millas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilómetros									
0	0,00	1,6093	3,2187	4,8280	6,4374	8,0467	9,6561	11,2654	12,8747	14,4841
10	16,0934	17,7028	19,3121	20,9215	22,5308	24,1402	25,7495	27,3588	28,9682	30,5775
20	32,1869	33,7962	35,4056	37,0149	38,6243	40,2336	41,8429	43,4523	45,0616	46,6710
30	48,2803	49,8897	51,4990	53,1083	54,7177	56,3270	57,9364	59,5457	61,1551	62,7644
40	64,3738	65,9831	67,5924	69,2018	70,8111	72,4205	74,0298	75,6392	77,2485	78,8579
50	80,4672	82,0765	83,6859	85,2952	86,9046	88,5139	90,1233	91,7326	93,3419	94,9513
60	96,5606	98,1700	99,7793	101,389	102,998	104,607	106,217	107,826	109,435	111,045
70	112,654	114,263	115,873	117,482	119,091	120,701	122,310	123,919	125,523	127,138
80	128,747	130,357	131,966	133,576	135,185	136,794	138,404	140,013	141,622	143,232
90	144,841	146,450	148,060	149,669	151,278	152,888	154,497	156,106	157,716	159,325

Aplicación: Convertir 156 km. en millas. 156 Kilómetros = 93,2055 + 3,72822 = 96,9337 millas

Convertir kilómetros en millas marinas (nudos/h). 1 Km. = 0,539957 millas marinas

Km	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Millas marinas (nudos hora)									
0	0,00	0,5399	1,0799	1,6198	2,1598	2,6998	3,2397	3,7797	4,3196	4,8596
10	5,3995	5,9395	6,4795	7,0194	7,5594	8,0993	8,6393	9,1792	9,7192	10,2592
20	10,7991	11,3391	11,8790	12,4190	12,9589	13,4989	14,0389	14,5788	15,1188	15,6587
30	16,1987	16,7386	17,2786	17,8186	18,3585	18,8985	19,4384	19,9784	20,5183	21,0583
40	21,5983	22,1382	22,6782	23,2181	23,7581	24,2980	24,8380	25,3779	25,9179	26,4579
50	26,9978	27,5378	28,0777	28,6177	29,1576	26,6976	30,2376	30,7775	31,3175	31,8574
60	32,3974	32,9373	33,4773	34,0173	34,5572	35,0972	35,6371	36,1771	36,7170	37,2570
70	37,7970	38,3369	38,8769	39,4168	39,9568	40,4967	41,0367	41,5767	42,1166	42,6566
80	43,1965	43,7365	44,2764	44,8164	45,3564	45,8963	46,4363	46,9762	47,5162	48,0561
90	48,5961	49,1360	49,6760	50,2160	50,7559	51,2959	51,8358	52,3758	52,9158	53,4557

Convertir millas marinas (nudos/h) en Km. 1 Milla marina = 1,852 Km

Mm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilómetros									
0	0,00	1,852	3,704	5,556	7,408	9,260	11,112	12,964	14,816	16,668
10	18,520	20,372	22,224	24,076	25,920	27,780	29,632	31,484	33,336	35,188
20	37,040	38,892	40,744	42,596	44,448	46,300	48,152	50,004	51,856	53,708
30	55,550	57,412	59,264	61,116	62,968	64,820	66,672	68,524	70,376	72,228
40	74,080	75,932	77,784	79,636	81,488	83,340	85,192	87,044	88,896	90,748
50	94,452	94,452	96,304	98,156	100,008	101,860	103,712	105,564	107,416	109,268
60	111,120	112,972	114,824	116,676	118,528	120,380	122,235	124,084	125,936	127,788
70	129,640	131,492	133,344	135,196	137,048	138,900	140,752	142,604	144,456	146,308
80	148,160	150,012	151,864	153,716	155,568	157,420	159,272	161,124	162,976	164,828
90	166,680	168,532	170,384	172,236	174,088	175,940	177,792	179,644	181,496	183,348

Aplicación: Convertir 125 millas marinas en km. 125 Mm = 185,20 + 46,30 = 231,50 km.

Sistemas de pesas y medidas	CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE SUPERFICIE CENTÍMETROS² - PULGADAS². METROS² - PIES²	Tabla 11₁.15

Convertir centímetros cuadrados en pulgadas cuadradas. 1 Cm² = 0,1550003 in².

Cm²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Pulgadas cuadradas									
0	0,00	0,155	0,310	0,465	0,620	0,775	0,930	1,085	1,240	1,395
10	1,550	1,705	1,860	2,015	2,170	2,325	2,480	2,635	2,790	2,945
20	3,100	3,255	3,410	3,565	3,720	3,875	4,030	4,185	4,340	4,495
30	4,650	4,805	4,960	5,115	5,270	5,425	5,580	5,735	5,890	6,045
40	6,200	6,355	6,510	6,665	6,820	6,975	7,130	7,285	7,440	7,595
50	7,750	7,905	8,060	8,215	8,370	8,526	8,680	8,835	8,990	9,145
60	9,300	9,455	9,610	9,765	9,920	10,075	10,230	10,385	10,540	10,695
70	10,850	11,005	11,160	11,315	11,470	11,625	11,780	11,935	12,090	12,245
80	12,400	12,555	12,710	12,865	13,020	13,175	13,330	13,485	13,640	13,795
90	13,950	14,105	14,260	14,415	14,570	14,725	14,880	15,035	15,190	15,345

Convertir pulgadas cuadradas en centímetros cuadrados. 1 In² = 6,4516 cm²

In²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Centímetros cuadrados									
0	0,00	6,451	12,903	19,355	25,806	32,258	38,709	45,161	51,613	58,064
10	64,516	70,967	77,419	83,871	90,322	96,774	103,225	109,677	116,129	122,580
20	129,032	135,483	141,935	148,387	154,838	161,290	167,741	174,193	180,645	187,096
30	193,548	199,999	206,451	212,903	219,354	225,806	232,257	238,709	245,161	251,612
40	258,064	264,515	270,967	277,419	283,870	290,322	296,773	303,225	309,677	316,128
50	322,580	329,031	335,483	341,935	348,386	354,838	361,289	367,741	374,193	380,644
60	387,096	393,547	399,999	406,451	412,902	419,354	425,805	432,257	438,709	445,160
70	451,612	458,063	464,515	470,967	477,418	483,870	490,321	496,773	503,225	509,676
80	516,128	522,579	529,031	535,483	541,934	548,386	554,837	561,289	567,741	574,192
90	580,644	587,095	593,547	599,999	606,450	612,902	619,353	625,805	632,257	638,708

Aplicación Convertir 123,83'' en cm² 123,83'' = 645,16 + 148,3868 + 5,35483 798,90163 cm².

Convertir metros cuadrados en pies cuadrados. 1 M² = 10,76391 ft²

M²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Pies cuadrados									
0	0,00	10,7639	21,5278	32,2917	43,0556	53,8196	64,5835	75,3474	86,1113	96,8752
10	107,639	118,403	129,167	139,931	150,695	161,459	172,223	182,986	193,750	204,514
20	215,278	226,042	236,806	247,570	258,334	269,098	279,862	290,626	301,389	312,153
30	322,917	333,681	344,445	355,209	365,973	376,737	387,501	398,265	409,029	419,793
40	430,556	441,320	452,084	462,848	473,612	483,376	495,140	505,904	516,668	527,432
50	538,196	548,959	559,723	570,487	581,251	592,015	602,779	613,543	624,307	635,071
60	645,835	656,599	667,362	678,126	688,890	699,654	710,418	721,182	731,946	742,710
70	753,474	764,238	775,002	785,765	796,529	807,293	818,057	828,821	839,585	850,349
80	861,113	871,877	882,641	893,405	904,168	914,932	925,696	936,460	947,224	957,988
90	968,752	979,516	990,280	1001,044	1011,808	1022,571	1033,335	1044,099	1054,863	1065,627

Convertir pies cuadrados en metros cuadrados 1 Ft² = 0,092903 m²

Ft²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Metros cuadrados									
0	0,00	0,0929	0,1858	0,2787	0,3716	0,4645	0,5574	0,6503	0,7432	0,8361
10	0,9290	1,0219	1,1148	1,2077	1,3006	1,3935	1,4864	1,5794	1,6723	1,7652
20	1,8581	1,9510	2,0439	2,1368	2,2297	2,3226	2,4155	2,5084	2,6013	2,6942
30	2,7871	2,8800	2,9729	3,0658	3,1587	3,2516	3,3445	3,4374	3,5303	3,6232
40	3,7161	3,8090	3,9019	3,9948	4,0877	4,1806	4,2735	4,3664	4,4593	4,5522
50	4,6452	4,7381	4,8310	4,9239	5,0168	5,1097	5,2026	5,2955	5,3884	5,4813
60	5,5742	5,6671	5,7600	5,8529	5,9458	6,0387	6,1316	6,2245	6,3174	6,4103
70	6,5032	6,5961	6,6890	6,7819	6,8748	6,9677	7,0606	7,1535	7,2464	7,3393
80	7,4322	7,5251	7,6180	7,7110	7,8039	7,8968	7,9897	8,0826	8,1755	8,2684
90	8,3613	8,4542	8,5471	8,6400	8,7329	8,8258	8,9187	9,0116	9,1045	9,1974

Aplicación Convertir 132,5 m² en ft² 132,5 m² = 1076,39 + 344,445 + 5,38196 = 1426,217 ft²

Nota Para factores de conversión, véase la página 544.

Sistemas de pesas y medidas	**CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE SUPERFICIE HECTÁREAS-ACRES. KILÓMETROS²-MILLAS²**	Tabla 11₂.15

Convertir hectáreas (hm^2) en acres. 1 Hectárea (hm^2) = 2,471054 acres.

Ha (Hm²)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Acres									
0	0,00	2,471	4,942	7,413	9,884	12,355	14,826	17,297	19,768	22,239
10	24,710	27,181	29,652	32,123	34,594	37,066	39,537	42,008	44,479	46,950
20	49,421	51,892	54,363	56,834	59,305	61,776	64,247	66,718	69,189	71,660
30	74,131	76,602	79,073	81,544	84,015	86,487	88,958	91,429	93,900	96,371
40	98,842	101,313	103,784	106,255	108,726	111,197	113,668	116,139	118,610	121,081
50	123,552	126,023	128,494	130,965	133,436	135,908	138,379	140,850	143,321	145,792
60	148,263	150,734	153,205	155,676	158,147	160,618	163,089	165,560	168,031	170,502
70	172,973	175,444	177,915	180,386	182,857	185,329	187,800	190,271	192,742	195,213
80	197,684	200,155	202,626	205,097	207,568	210,039	212,510	214,981	217,452	219,923
90	222,394	224,865	227,336	229,807	232,278	234,750	237,221	239,692	242,163	244,634

Convertir acres en hectáreas (hm^2). 1 Acre = 0,4046856 hectáreas (hm^2).

Acres	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Hectáreas (hm²)									
0	0,00	0,40469	0,80937	1,21406	1,61874	2,02343	2,42812	2,83280	3,23749	3,64217
10	4,04686	4,45155	4,85623	5,26092	5,66560	6,07029	6,47498	6,87966	7,28435	7,68903
20	8,09372	8,49841	8,90309	9,30778	9,71246	10,1172	10,5218	10,9265	11,3312	11,7359
30	12,1406	12,5453	12,9500	13,3546	13,7593	14,1640	14,5687	14,9734	15,3781	15,7828
40	16,1874	16,5921	16,9968	17,4015	17,8062	18,2109	18,6156	19,0202	19,4249	19,8296
50	20,2343	20,6390	21,0437	21,4484	21,8530	22,2577	22,6624	23,0671	23,4718	23,8765
60	24,2812	24,6858	25,0905	25,4952	25,8999	26,3046	26,7093	27,1140	27,5186	27,9233
70	28,3280	28,7327	29,1374	29,5421	29,9468	30,3515	30,7561	31,1608	31,5655	31,9702
80	32,3749	32,7796	33,1843	33,5889	33,9936	34,3983	34,8030	35,2077	35,6124	36,0171
90	36,4217	36,8264	37,2311	37,6358	38,0404	38,4451	38,8498	39,2545	39,6592	40,0639

Aplicación: Convertir 427,3 Hectáreas (hm^2). 427,3 Ha 1037,841 + 17,2974 + 0,74132 = 1055,8797 Ac

Convertir kilómetros cuadrados en millas cuadradas. 1 Km^2. = 0,386102 $Mill^2$.

Km²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Millas cuadradas									
0	0,00	0,3861	0,7722	1,1583	1,5444	1,9305	2,3166	2,7027	3,0888	3,4749
10	3,8610	4,2471	4,6332	5,0193	5,4054	5,7915	6,1776	6,5637	6,9498	7,3359
20	7,7220	8,1081	8,4942	8,8803	9,2664	9,6525	10,038	10,424	10,811	11,197
30	11,583	11,969	12,355	12,741	13,127	13,513	13,899	14,285	14,672	15,058
40	15,444	15,830	16,216	16,602	16,988	17,374	17,770	18,146	18,533	18,919
50	19,305	19,691	20,077	20,463	20,849	21,235	21,621	22,008	22,394	22,780
60	23,166	23,552	23,938	24,324	24,710	25,096	25,482	25,869	26,255	26,641
70	27,027	27,413	27,799	28,185	28,571	28,957	29,343	29,730	30,116	30,502
80	30,888	31,274	31,660	32,046	32,432	32,818	33,204	33,591	33,977	34,363
90	34,749	35,135	35,521	35,907	36,293	36,679	37,065	37,452	37,838	38,224

Convertir millas cuadradas en kilómetros cuadrados. 1 $Mill^2$. = 2,589988 Km^2

Mill²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilómetros cuadrados									
0	0,00	2,589	5,179	7,7699	10,360	12,950	15,539	18,129	20,719	23,309
10	25,899	28,489	31,079	33,669	36,259	38,849	41,439	44,029	46,619	49,209
20	51,799	54,389	56,979	59,569	62,159	64,749	67,339	69,929	72,519	75,109
30	77,699	80,289	82,879	85,469	88,059	90,649	93,239	95,829	98,419	101,009
40	103,599	106,189	108,779	111,369	113,959	116,549	119,139	121,729	124,319	126,909
50	129,499	132,089	134,679	137,269	139,859	142,449	145,039	147,629	150,219	152,809
60	155,399	157,989	160,579	163,169	165,759	168,349	170,939	173,529	176,119	178,709
70	181,299	183,889	186,479	189,069	191,659	194,249	196,839	199,429	202,019	204,609
80	207,199	209,789	212,379	214,969	217,559	220,149	222,739	225,329	227,919	230,509
90	233,099	235,689	238,279	240,869	243,459	246,049	248,639	251,229	253,819	256,409

Aplicación: Convertir 135 millas cuadradas en Km^2. 135 Mill = 336,699 + 12,95 = 349,649 km^2

Sistemas de pesas y medidas	CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE VOLUMEN CENTÍMETROS³ - PULGADAS³. DECÍMETROS³ - PIES³	Tabla 12₁.15

Convertir centímetros cúbicos en pulgadas cúbicas. 1 Cm³ = 0,0610238 pulgadas cúbicas.

Cm³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Pulgadas cúbicas									
0	0,00	0,061	0,122	0,183	0,244	0,305	0,366	0,427	0,488	0,549
10	0,610	0,671	0,732	0,793	0,854	0,915	0,976	1,037	1,098	1,159
20	1,220	1,281	1,343	1,403	1,465	1,526	1,587	1,648	1,709	1,770
30	1,831	1,892	1,953	2,014	2,075	2,136	2,197	2,258	2,319	2,380
40	2,441	2,502	2,563	2,624	2,685	2,746	2,807	2,868	2,929	2,990
50	3,051	3,112	3,173	3,234	3,295	3,356	3,417	3,478	3,539	3,600
60	3,661	3,722	3,783	3,845	3,906	3,967	4,028	4,089	4,150	4,211
70	4,272	4,383	4,394	4,455	4,516	4,577	4,638	4,699	4,760	4,821
80	4,882	4,943	5,004	5,065	5,126	5,187	5,248	5,309	5,370	5,431
90	5,492	5,553	5,614	5,675	5,736	5,797	5,858	5,919	5,980	6,041

Convertir pulgadas cúbicas en centímetros cúbicos. 1 Pulgada cúbica = 16,38706 cm³.

In³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Centímetros cúbicos									
0	0,00	16,387	32,774	49,161	65,548	81,935	98,322	114,709	131,096	147,484
10	163,871	180,258	196,645	213,032	229,419	245,806	262,193	278,580	294,967	311,354
20	327,741	344,128	360,515	376,902	393,289	409,676	426,064	442,451	458,838	475,225
30	491,612	507,999	524,386	540,773	557,160	573,547	589,934	606,321	622,708	639,095
40	655,482	671,869	688,257	704,644	721,031	737,418	753,805	770,192	786,579	802,966
50	819,353	835,740	852,127	868,514	884,901	901,288	917,675	934,062	950,449	966,837
60	983,224	999,611	1016,00	1032,38	1048,77	1065,16	1081,55	1097,93	1114,32	1130,71
70	1147,09	1163,48	1179,87	1196,26	1212,64	1229,03	1245,42	1261,80	1278,19	1294,58
80	1310,96	1327,35	1343,74	1360,13	1376,51	1392,90	1409,29	1425,67	1442,06	1458,45
90	1474,84	1491,22	1507,61	1524,00	1540,38	1556,77	1573,16	1589,54	1605,93	1622,32

Aplicación: Convertir 437 cm³ en pulgadas³. 437 cm³ = 26,24 + 0,427 = 26,667 pulgadas cúbicas.

Convertir decímetros cúbicos (l) en pies cúbicos. 1 Dm³ 0,03531466 pies³.

Dm³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Pies cúbicos									
0	0,00	0,0353	0,0706	0,1059	0,1412	0,1765	0,2119	0,2472	0,2825	0,3178
10	0,3531	0,3884	0,4237	0,4591	0,4944	0,5297	0,5650	0,6003	0,6356	0,6709
20	0,7063	0,7416	0,7769	0,8122	0,8475	0,8828	0,9182	0,9535	0,9888	1,0241
30	1,0594	1,0947	1,1300	1,1653	1,2007	1,2360	1,2713	1,3066	1,3419	1,3772
40	1,4125	1,4479	1,4832	1,5185	1,5538	1,5891	1,6244	1,6598	1,6951	1,7304
50	1,7657	1,8010	1,8363	1,8716	1,9070	1,9423	1,9776	2,0482	2,0129	2,0835
60	2,1188	2,1542	2,1895	2,2248	2,2601	2,2954	2,3307	2,3661	2,4014	2,4367
70	2,4720	2,5073	2,5426	2,5779	2,6133	2,6486	2,6839	2,7192	2,7545	2,7898
80	2,8251	2,8605	2,8958	2,9311	2,9664	3,0017	3,0370	3,0723	3,1077	3,1430
90	3,1783	3,2136	3,2489	3,2842	3,3195	3,3549	3,3902	3,4255	3,4608	3,4961

Convertir pies cúbicos en decímetros cúbicos. 1 Pie³ = 28,31685 dm³.

Ft³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Decímetros cúbicos									
0	0,00	28,3165	56,6337	84,9505	113,267	141,584	169,901	198,218	226,535	254,851
10	283,168	311,485	339,802	368,119	396,436	424,752	453,069	481,386	509,703	538,020
20	566,337	594,653	622,970	651,287	679,604	772,921	736,238	764,555	792,872	821,188
30	849,505	877,822	906,139	934,456	962,773	991,089	1019,40	1047,72	1076,04	1104,35
40	1132,67	1160,99	1189,30	1217,62	1245,94	1274,26	1302,57	1330,89	1359,21	1378,52
50	1415,84	1444,16	1472,47	1500,79	1529,11	1557,42	1585,74	1614,06	1642,37	1670,69
60	1699,01	1727,32	1755,64	1783,96	1812,28	1840,59	1868,91	1897,22	1925,54	1953,86
70	1982,18	2010,49	2038,81	2067,13	2095,44	2123,76	2152,08	2180,39	2208,71	2237,03
80	2265,35	2293,66	2331,98	2350,30	2378,61	2406,93	2435,25	2463,56	2491,88	2520,20
90	2548,51	2576,83	2605,15	2633,46	2661,78	2690,10	2718,41	2746,73	2775,05	2803,37

Aplicación: Convertir 437 pies cúbicos en dm³ 437 Pies³ 11326,7 + 1047,72 12374,42 = dm³.

Nota. Para factores de conversión, véase la página 544.

Sistemas de pesas y medidas	CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE VOLUMEN METROS³-PIES³. METROS³-YARDAS³	Tabla 12₂.15

Convertir metros cúbicos en pies cúbicos. 1 M^2 = 35,31466 pies³.

M³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Pies cúbicos					
0	0,00	35,3147	70,6293	105,944	141,259	176,573	211,888	247,203	282,517	317,832
10	353,147	388,461	423,776	459,091	494,405	529,720	565,035	600,349	635,664	670,979
20	706,293	741,608	776,923	812,237	847,552	882,867	918,181	953,496	988,811	1024,13
30	1059,44	1094,75	1130,07	1165,38	1200,70	1236,01	1271,33	1306,64	1341,96	1377,27
40	1412,59	1447,90	1483,22	1518,53	1553,85	1589,16	1624,47	1659,79	1695,10	1730,42
50	1765,73	1801,05	1836,36	1871,68	1906,99	1942,31	1977,62	2012,94	2048,25	2083,57
60	2118,88	2154,19	2189,51	2224,82	2260,14	2295,45	2330,77	2366,08	2401,40	2436,71
70	2472,03	2507,34	2542,66	2577,97	2613,29	2648,60	2683,91	2719,23	2754,54	2789,86
80	2825,17	2860,49	2895,80	2931,11	2966,43	3001,75	3037,06	3072,38	3107,69	3143,01
90	3178,32	3213,63	3248,95	3284,26	3319,58	3354,89	3390,21	3425,52	3460,84	3496,15

Convertir pies cúbicos en metros cúbicos. 1 Ft³ = 0,0283168 metros cúbicos.

Ft³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Metros cúbicos					
0	0,00	0,0283	0,0566	0,0849	0,1132	0,1415	0,1699	0,1982	0,2265	0,2548
10	0,2831	0,3114	0,3398	0,3681	0,3964	0,4247	0,4530	0,4813	0,5097	0,5380
20	0,5663	0,5946	0,6229	0,6512	0,6796	0,7079	0,7362	0,7645	0,7928	0,8211
30	0,8495	0,8778	0,9061	0,9344	0,9627	0,9910	1,0194	1,0477	1,0760	1,1043
40	1,1326	1,1609	1,1893	1,2176	1,2459	1,2742	1,3025	1,3308	1,3592	1,3875
50	1,4158	1,4441	1,4724	1,5007	1,5291	1,5574	1,5857	1,6140	1,6423	1,6706
60	1,6990	1,7273	1,7556	1,7839	1,8122	1,8405	1,8689	1,8972	1,9255	1,9538
70	1,9821	2,0105	2,0388	2,0671	2,0954	2,1237	2,1520	2,1804	2,2087	2,2370
80	2,2653	2,2936	2,3219	2,3503	2,3786	2,4069	2,4352	2,4635	2,4918	2,5202
90	2,5485	2,5768	2,6051	2,6334	2,6617	2,6901	2,7184	2,7467	2,7750	2,8033

Aplicación. Convertir 98 pies cúbicos en metros cúbicos. 98 Ft³ = 27,7505 m³

Convertir metros cúbicos en yardas cúbicas. 1 M³ = 1,307951 yardas cúbicas.

M³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Yardas cúbicas					
0	0,00	1,3079	2,6159	3,9238	5,2318	6,5397	7,8477	9,1556	10,463	11,771
10	13,079	14,387	15,695	17,003	18,311	19,619	20,927	22,235	23,543	24,851
20	26,159	27,467	28,774	30,082	31,390	32,698	34,006	35,314	36,622	37,930
30	39,238	40,546	41,854	43,162	44,470	45,778	47,086	48,394	49,702	51,010
40	52,318	53,626	54,933	56,241	57,549	58,857	60,165	61,473	62,781	64,089
50	65,397	66,705	68,013	69,321	70,629	71,937	73,245	74,553	75,861	77,169
60	78,477	79,785	81,092	82,400	83,706	81,016	86,324	87,632	88,940	90,248
70	91,556	92,864	94,172	95,480	96,788	98,096	99,404	100,712	102,020	103,328
80	104,636	105,944	107,251	108,559	109,867	111,175	112,483	113,791	115,099	116,407
90	117,715	119,023	120,331	121,639	122,947	124,255	125,563	126,871	128,179	129,487

Convertir yardas cúbicas en metros cúbicos. 1 Yd³. = 0,7645549 metros cúbicos.

Yd³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Metros cúbicos					
0	0,00	0,76455	1,5291	2,2936	3,0582	3,8227	4,5873	5,3518	6,1164	6,8810
10	7,6455	8,4101	9,1746	9,9392	10,703	11,468	12,232	12,997	13,762	14,526
20	15,291	16,055	16,820	17,584	18,349	19,113	19,878	20,643	21,407	22,172
30	22,936	23,701	24,465	25,230	25,994	26,759	27,524	28,288	29,053	29,817
40	30,582	31,346	32,111	32,875	33,640	34,405	35,169	35,934	36,698	37,463
50	38,227	38,992	39,756	40,521	41,286	42,050	42,815	43,579	44,344	45,108
60	45,873	46,637	47,402	48,167	48,931	49,696	50,460	51,225	51,989	52,754
70	53,518	54,283	55,048	55,812	56,577	57,341	58,106	58,870	59,635	60,399
80	61,164	61,929	62,693	63,458	64,222	64,987	65,751	66,516	67,280	68,045
90	68,810	69,574	70,339	71,103	71,868	72,632	73,397	74,161	74,926	75,690

Aplicación: Convertir 9,83 m³ en yd³. 9,83 M³ = 11,7716 + 1,085599   12,8572 yardas³

Sistemas de pesas y medidas	***CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE CAPACIDAD LITROS-PINTAS (B.I.). LITROS-PINTAS (EE.UU.)***	**Tabla 13_1.15**

Convertir litros (dm^3) en pintas (British Imperial). 1 L (dm^3) = 1,759755 pintas.

L (dm^3)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Pintas (British Imperial)									
0	0,00	1,7597	3,5195	5,2792	7,0390	8,7987	10,5585	12,3182	14,0780	15,8377
10	17,5975	19,3572	21,1170	22,8767	24,6365	26,3962	28,1560	29,9157	31,6755	33,4352
20	35,1950	36,9547	38,7145	40,4742	42,2340	43,9937	45,7535	47,5132	49,2730	51,0327
30	52,7925	54,5522	56,3120	58,0717	59,8315	61,5912	63,3510	65,1107	66,8705	68,6302
40	70,3900	72,1497	73,9095	75,6692	77,4290	79,1887	80,9485	82,7082	84,4680	86,2277
50	87,9875	89,7472	91,5070	93,2667	95,0265	96,7862	98,5460	100,306	102,065	103,825
60	105,585	107,345	109,104	110,864	112,624	114,384	116,143	117,903	119,663	121,423
70	123,182	124,942	126,702	128,462	130,221	131,981	133,741	135,501	137,260	139,020
80	140,780	142,540	144,299	146,059	147,819	149,579	151,338	153,098	154,858	156,618
90	158,377	160,137	161,897	163,657	165,416	167,176	168,936	170,696	172,455	174,215

Convertir pintas (British Imperial) en litros (dm^3). 1 Pt (B.I.) = 0,568261 litros (dm^3).

Pt	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Litros (dm^3)									
0	0,00	0,5683	1,1365	1,7048	2,2730	2,8413	3,4096	3,9778	4,5461	5,1143
10	5,6826	6,2509	6,8191	7,3874	7,9556	8,5239	9,0922	9,6604	10,2287	10,7969
20	11,3652	11,9335	12,5017	13,0700	13,6382	14,2065	14,7748	15,3430	15,9113	16,4795
30	17,0478	17,6161	18,1843	18,7526	19,3208	19,8891	20,4574	21,0256	21,5939	22,1621
40	22,7304	23,2987	23,8669	24,4352	25,0034	25,5717	26,1400	26,7082	27,2765	27,8447
50	28,4130	28,9813	29,5495	30,1178	30,6860	31,2543	31,8226	32,3908	32,9591	33,5273
60	34,0956	34,6639	35,2321	35,8004	36,3686	36,9369	37,5052	38,0734	38,6417	39,2099
70	39,7782	40,3465	40,9147	41,4830	42,0512	42,6195	43,1878	43,7560	44,3243	44,8925
80	45,4608	46,0291	46,5973	47,1656	47,7338	48,3021	48,8704	49,4386	50,0069	50,5751
90	51,1434	51,7117	52,2799	52,8482	53,4164	53,9847	54,5530	55,1212	55,6895	56,2577

Aplicación Convertir 325 pintas (B I) en litros (dm^3). 325 Pt 181,843 + 2,8413 184,6843 l (dm^3).

Convertir litros (dm^3) en pintas (EE.UU.). 1 Litro (dm^3) 2,1133764 pintas (EE.UU.).

L (dm^3)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Pintas (EE.UU.)									
0	0,00	2,1134	4,2267	6,3401	8,4535	10,5669	12,6802	14,7936	16,9070	19,0204
10	21,1337	23,2471	25,3605	27,4739	29,5872	31,7006	33,8140	35,9274	38,0408	40,1541
20	42,2675	44,3809	46,4943	48,6076	50,7210	52,8344	54,9478	57,0611	59,1745	61,2879
30	63,4013	61,5146	67,6280	69,7414	71,8548	73,9682	76,0815	78,1949	80,3083	82,4217
40	84,5350	86,6484	88,7618	90,8752	92,9885	95,1019	97,2153	99,3287	101,4420	103,5554
50	105,669	107,782	109,895	112,009	114,122	116,235	118,349	120,462	122,576	124,689
60	126,802	128,916	131,029	133,143	135,256	137,369	139,483	141,596	143,709	145,823
70	147,936	150,050	152,163	154,276	156,390	158,503	160,616	162,730	164,843	166,957
80	169,070	171,183	173,297	175,410	177,523	179,637	181,750	183,864	185,977	188,090
90	190,204	192,317	194,430	196,544	198,657	200,771	202,884	204,997	207,111	209,224

Convertir pintas (EE.UU.) en litros (dm^3) 1 Pt (EE.UU.) 0,4731765 (dm^3)

Pt	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,00	0,4732	0,9463	1,4195	1,8927	2,3659	2,8390	3,3122	3,7854	4,2586
10	4,7317	5,2049	5,6781	6,1513	6,6245	7,0976	7,5708	8,0440	8,5172	8,9903
20	9,4635	9,9367	10,4099	10,8830	11,3562	11,8294	12,3026	12,7757	13,2489	13,7221
30	14,1953	14,6685	15,1416	15,6148	16,0880	16,5612	17,0343	17,5075	17,9807	18,4539
40	18,9270	19,4002	19,8734	20,3466	20,8197	21,2929	21,7661	22,2393	22,7125	23,1856
50	23,6588	24,1320	24,6052	25,0783	25,5515	26,0247	26,4979	26,9710	27,4442	27,9174
60	28,3906	28,8637	29,3369	29,8101	30,2833	30,7565	31,2296	31,7028	32,1760	32,6492
70	33,1223	33,5955	34,0687	34,5419	35,0150	35,4882	35,9614	36,4346	36,9077	37,3809
80	37,8541	38,3273	38,8005	39,2736	39,7468	40,2200	40,6932	41,1663	41,6395	42,1127
90	42,5859	43,0590	43,5323	44,0054	44,4786	44,9517	45,4249	45,8981	46,3713	46,8445

Aplicación: Convertir 325 pintas (EE UU) en litros (dm^3) 325 Pt 151,416 + 2,3659) = 153,782 l (dm^3).

Nota Para factores de conversión, véase la página 545.

Sistema de pesas y medidas	**CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE CAPACIDAD. LITROS-GALONES (B.I.). LITROS-GALONES (EE.UU.).**	Tabla 13_2.15

Convertir litros (dm³) en galones (British Imperial).—1 L (dm³) = 0,219969 gal (B.I.)

L (dm³)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Galones (B.I.)									
0	0,00	0,220	0,440	0,660	0,880	1,100	1,320	1,540	1,760	1,980
10	2,200	2,420	2,640	2,860	3,080	3,300	3,520	3,739	3,959	4,179
20	4,399	4,619	4,839	5,059	5,279	5,499	5,719	5,939	6,159	6,379
30	6,599	6,819	7,039	7,259	7,479	7,699	7,919	8,139	8,359	8,579
40	8,799	9,019	9,239	9,459	9,679	9,899	10,119	10,339	10,559	10,778
50	10,998	11,218	11,438	11,658	11,878	12,098	12,318	12,538	12,758	12,978
60	13,198	13,418	13,638	13,858	14,078	14,298	14,518	14,738	14,958	15,178
70	15,398	15,618	15,838	16,058	16,278	16,498	16,718	16,938	17,158	17,378
80	17,598	17,818	18,037	18,257	18,477	18,697	18,917	19,137	19,357	19,577
90	19,797	20,017	20,237	20,457	20,677	20,897	21,117	21,337	21,557	21,777

Convertir galones (B.I) en litros (dm³).—1 Gal (B.I.) = 4,546092 litros (dm³)

Gal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Litros (dm³)									
0	0,00	4,564	9,092	13,638	18,184	22,730	27,277	31,823	36,369	40,915
10	45,461	50,007	54,553	59,099	63,645	68,191	72,737	77,284	81,830	86,376
20	90,922	95,468	100,014	104,560	109,106	113,652	118,198	122,744	127,291	131,837
30	136,383	140,929	145,475	150,021	154,567	159,113	163,659	168,205	172,751	177,298
40	181,844	186,390	190,936	195,482	200,028	204,574	209,120	213,666	218,212	222,759
50	227,305	231,851	236,397	240,943	245,489	250,035	254,581	259,127	263,673	268,219
60	272,766	277,312	281,858	286,404	290,950	295,496	300,042	304,588	309,134	313,680
70	318,226	322,773	327,319	331,865	336,411	340,957	345,503	350,049	354,595	359,141
80	363,687	368,233	372,780	377,326	381,872	386,418	390,964	395,510	400,056	404,602
90	409,148	413,694	418,240	422,787	427,333	431,879	436,425	440,971	445,517	450,063

Aplicación.—Convertir 45,75 litros (dm³) en galones B.I.—45,75 L (dm³) = 9,899 + 0,16498 = 10,064 galones B.I

Convertir litros (dm³) en gal (EE.UU.).—1 Litro (dm³) = 0,264172 gal (EE.UU.)

L (dm³)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Galones (EE.UU.)									
0	0,00	0,264	0,528	0,792	1,056	1,321	1,585	1,849	2,113	2,377
10	2,642	2,906	3,170	3,434	3,698	3,962	4,227	4,491	4,755	5,019
20	5,283	5,547	5,812	6,076	6,340	6,604	6,868	7,132	7,397	7,661
30	7,925	8,189	8,453	8,717	8,982	9,246	9,510	9,774	10,038	10,303
40	10,567	10,831	11,095	11,359	11,623	11,888	12,152	12,416	12,680	12,944
50	13,206	13,473	13,737	14,001	14,265	14,529	14,793	15,058	15,322	15,586
60	15,850	16,114	16,378	16,643	16,907	17,171	17,435	17,699	17,963	18,228
70	18,492	18,756	19,020	19,284	19,549	19,813	20,077	20,341	20,605	20,869
80	21,134	21,398	21,662	21,926	22,190	22,454	22,719	22,983	23,247	23,511
90	23,775	24,039	24,304	24,568	24,832	25,096	25,360	25,624	25,889	26,153

Convertir galones (EE.UU.) en litros (dm³).— 1 Gal (EE.UU.) = 3,785412 litros (dm³)

Gal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Litros (dm³)									
0	0,00	3,785	7,571	11,356	15,141	18,927	22,712	26,498	30,283	34,069
10	37,854	41,639	45,425	49,210	52,996	56,781	60,566	64,352	68,137	71,923
20	75,708	79,493	83,279	87,064	90,850	94,635	98,421	102,206	105,991	109,777
30	113,562	117,348	121,133	124,918	128,704	132,489	136,275	140,060	143,845	147,631
40	151,416	155,202	158,987	162,773	166,558	170,345	174,129	177,914	181,700	185,485
50	189,270	193,056	196,841	200,627	204,412	208,197	219,983	215,768	219,554	223,339
60	227,125	230,910	234,695	238,481	242,266	246,052	249,837	253,622	257,408	261,193
70	264,979	268,784	272,549	276,335	280,120	283,906	287,691	291,477	295,262	299,047
80	302,833	306,618	310,404	314,189	317,974	321,760	325,545	329,331	333,116	336,901
90	340,687	344,472	348,258	352,043	355,629	359,614	363,339	367,185	370,970	374,756

Aplicación.—Convertir 45,75 galones (EE.UU.) en L (dm³).—45,75 gal (EE.UU.) = 170,345 + 2,83906 = 173,184 L (dm³)

Sistemas de pesas y medidas	**CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE CAPACIDAD LITROS-CELEMINES (B.I.). LITROS-CELEMINES (EE.UU.)**	Tabla 13$_3$.15

Convertir litros (dm^3) en celemines (British Imperial). 1 L (dm^3) = 0,1099847 Pk (B.I.)

L (dm^3)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Celemines (B.I.)									
0	0,00	0,110	0,220	0,330	0,440	0,550	0,660	0,770	0,880	0,990
10	1,100	1,210	1,320	1,430	1,540	1,650	1,760	1,870	1,980	2,090
20	2,199	2,309	2,419	2,529	2,639	2,749	2,859	2,969	3,079	3,189
30	3,299	3,409	3,519	3,629	3,739	3,849	3,959	4,069	4,179	4,289
40	4,399	4,509	4,619	4,729	4,839	4,949	5,059	5,169	5,279	5,389
50	5,499	5,609	5,719	5,829	5,939	6,049	6,159	6,269	6,379	6,489
60	6,599	6,709	6,819	6,929	7,039	7,149	7,259	7,369	7,479	7,589
70	7,699	7,809	7,919	8,029	8,139	8,249	8,359	8,469	8,579	8,689
80	8,799	8,909	9,019	9,129	9,239	9,349	9,459	9,569	9,679	9,789
90	9,898	10,008	10,118	10,228	10,338	10,448	10,558	10,668	10,778	10,888

Convertir celemines (B.I.) en litros (dm^3). 1 Pk (B.I.) = 9,092174 litros (dm^3).

Pk	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Litros (dm^3)									
0	0,00	9,092	18,184	27,276	36,369	45,461	54,553	63,645	72,737	81,829
10	90,927	100,014	109,106	118,198	127,290	136,382	145,475	154,567	163,659	172,751
20	181,843	190,935	200,028	209,120	218,212	227,304	236,396	245,488	254,581	263,673
30	272,765	281,857	290,949	300,042	309,134	318,226	327,318	336,410	345,502	354,595
40	363,687	372,779	381,871	390,963	400,055	409,148	418,240	427,332	436,424	445,516
50	454,609	463,701	472,793	481,885	490,977	500,069	509,162	518,254	527,346	536,438
60	545,530	554,622	563,715	572,807	581,899	590,991	600,083	609,175	618,268	627,360
70	636,452	645,544	654,636	663,729	672,821	681,913	691,005	700,097	709,189	718,282
80	727,374	736,466	745,558	754,650	763,742	772,835	781,927	791,019	800,111	809,203
90	818,295	827,388	836,480	845,572	854,664	863,756	872,849	881,941	891,033	900,125

Aplicación. Convertir 555 litros (dm^3) en celemines 555 L (dm^3) = 60,49 + 0,55 = 61,04 galones B.I.

Convertir litros (dm^3) en celemines (EE.UU.). 1 Litro (dm^3) = 0,11351037 celemines (EE.UU.).

L (dm^3)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Celemines (EE.UU.)									
0	0,00	0,113	0,227	0,340	0,454	0,567	0,681	0,794	0,908	1,021
10	1,135	1,246	1,362	1,475	1,589	1,702	1,816	1,929	2,043	2,157
20	2,270	2,384	2,497	2,611	2,724	2,838	2,951	3,065	3,178	3,914
30	3,405	3,519	3,632	3,746	3,859	3,973	4,086	4,200	4,313	4,427
40	4,540	4,654	4,767	4,881	4,994	5,108	5,221	5,335	5,448	5,562
50	5,675	5,789	5,902	6,016	6,129	6,243	6,356	6,470	6,583	6,697
60	6,810	6,924	7,037	7,151	7,264	7,378	7,491	7,605	7,719	7,832
70	7,946	8,059	8,173	8,286	8,400	8,513	8,627	8,740	8,854	8,967
80	9,081	9,194	9,308	9,421	9,535	9,648	9,762	9,875	9,989	10,102
90	10,216	10,329	10,443	10,556	10,670	10,783	10,897	11,010	11,124	11,237

Convertir celemines (EE.UU.) en litros (dm^3). 1 Pk (EE.UU.) = 8,8097675 litros (dm^3).

Pk	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Litros (dm^3)									
0	0,00	8,810	17,619	26,429	35,239	44,049	52,858	61,668	70,478	79,288
10	88,097	96,907	105,717	114,527	123,337	132,146	140,956	149,766	158,576	167,385
20	176,195	185,005	193,815	202,624	211,434	220,244	229,054	237,864	246,673	255,483
30	264,293	273,103	281,912	290,722	299,532	308,342	317,151	325,961	334,771	343,581
40	352,391	361,200	370,010	378,820	387,630	396,439	405,249	414,059	422,869	431,678
50	440,488	449,298	458,108	466,917	475,727	484,537	493,347	502,157	510,966	519,776
60	528,586	537,396	546,205	555,015	563,825	572,635	581,444	590,254	599,064	607,874
70	616,684	625,493	634,303	643,113	651,923	660,732	669,542	678,352	687,162	695,971
80	704,781	713,591	722,401	731,211	740,020	748,830	757,640	766,450	775,259	748,069
90	792,879	801,689	810,498	819,308	828,118	836,928	845,738	854,547	863,357	872,167

Aplicación. Convertir 555 celemines (EE.UU.) en litros (dm^3) 555 Pk = 4845,37 + 44,049 = 4889,419 l (dm^3).

Sistemas de pesas y medidas	**CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE CAPACIDAD METROS-FANEGAS (B.I.). METROS-FANEGAS (EE.UU.)**	Tabla 13_4.15

Convertir metros cúbicos en fanegas (British Imperial). 1 m^3 = 27,49617 bu (B.I.).

M^3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Fanegas (B.I.)									
0	0,00	27,496	54,992	82,488	109,985	137,481	164,977	192,473	219,969	247,465
10	274,962	302,458	329,954	357,450	384,946	412,442	439,939	467,435	494,931	522,427
20	549,923	577,419	604,915	632,412	659,908	687,404	714,900	742,396	769,893	797,389
30	824,885	852,381	879,877	907,373	934,870	962,366	989,862	1017,36	1044,85	1072,35
40	1099,84	1127,34	1154,84	1182,33	1209,83	1237,33	1264,82	1292,32	1319,81	1347,31
50	1374,81	1402,30	1429,80	1457,30	1484,79	1512,29	1539,78	1567,28	1594,78	1622,27
60	1649,77	1677,26	1704,76	1732,26	1759,75	1787,25	1814,24	1842,24	1869,74	1897,23
70	1924,73	1952,23	1979,72	2007,22	2034,71	2062,21	2089,71	2117,20	2144,70	2172,20
80	2199,69	2227,19	2254,68	2282,18	2309,68	2337,17	2364,67	2392,17	2419,66	2447,16
90	2474,65	2502,15	2529,65	2557,14	2584,64	2612,13	2639,63	2667,13	2694,62	2722,12

Convertir fanegas (British Imperial) en metros³. 1 Bu (B.I.) = 0,036369 metros³

Bu	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Metros³									
0	0,00	0,036	0,073	0,109	0,145	0,182	0,218	0,254	0,291	0,327
10	0,364	0,400	0,436	0,472	0,509	0,545	0,582	0,618	0,654	0,691
20	0,727	0,764	0,800	0,836	0,873	0,909	0,945	0,982	1,018	1,055
30	1,091	1,127	1,164	1,200	1,236	1,273	1,309	1,345	1,382	1,418
40	1,455	1,491	1,527	1,564	1,600	1,636	1,673	1,709	1,746	1,782
50	1,818	1,855	1,891	1,927	1,964	2,000	2,036	2,073	2,109	2,146
60	2,182	2,218	2,254	2,291	2,327	2,364	2,400	2,436	2,473	2,509
70	2,546	2,582	2,618	2,655	2,691	2,728	2,764	2,800	2,837	2,873
80	2,909	2,946	2,982	3,018	3,055	3,091	3,128	3,164	3,200	3,237
90	3,273	3,309	3,346	3,382	3,419	3,455	3,491	3,528	3,564	3,600

Aplicación: Convertir 555 fanegas (British Imperial) en metros³ 555 Fanegas = 20,00 + 0,182 = 20,182 m³

Convertir metros³ en fanegas (EE.UU.). 1 Metro³ = 28,377593 fanegas (EE.UU.).

M^3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Fanegas (EE.UU.)									
0	0,00	28,377	56,755	85,133	113,510	141,888	170,265	198,643	227,021	255,398
10	283,776	312,153	340,531	368,909	397,286	425,664	454,041	482,419	510,797	539,174
20	567,552	595,929	624,307	652,684	681,062	709,440	737,817	766,195	794,572	822,950
30	851,328	879,705	908,083	936,460	964,838	993,216	1021,59	1049,97	1078,35	1106,73
40	1135,10	1163,48	1191,86	1220,23	1248,61	1276,99	1305,37	1333,74	1362,12	1390,50
50	1418,88	1447,26	1475,63	1504,01	1532,39	1560,77	1589,14	1617,52	1645,90	1674,28
60	1702,65	1731,03	1759,41	1787,79	1816,16	1844,54	1872,92	1901,30	1929,67	1958,05
70	1986,43	2014,81	2043,19	2071,56	2099,94	2128,32	2156,70	2185,07	2213,45	2241,83
80	2270,21	2298,58	2326,96	2355,34	2383,72	2412,09	2440,47	2468,85	2497,23	2525,60
90	2553,98	2582,36	2610,74	2639,11	2667,49	2695,87	2724,25	2752,62	2781,00	2809,38

Convertir fanegas (EE.UU.) en metros³. 1 Bu (EE.UU.) = 0,0352391 metros³.

Bu	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Metros³									
0	0,00	0,035	0,070	0,106	0,141	0,176	0,211	0,247	0,282	0,317
10	0,352	0,387	0,423	0,458	0,493	0,528	0,564	0,599	0,634	0,669
20	0,705	0,740	0,775	0,810	0,846	0,881	0,916	0,951	0,987	1,022
30	1,057	1,092	1,128	1,163	1,198	1,233	1,268	1,304	1,339	1,374
40	1,409	1,445	1,480	1,515	1,550	1,586	1,621	1,656	1,691	1,727
50	1,762	1,797	1,832	1,868	1,903	1,938	1,973	2,008	2,044	2,079
60	2,114	2,149	2,185	2,220	2,255	2,290	2,326	2,361	2,396	2,431
70	2,467	2,502	2,537	2,572	2,608	2,643	2,678	2,713	2,748	2,784
80	2,819	2,854	2,889	2,925	2,960	2,995	3,030	3,066	3,101	3,136
90	3,175	3,207	3,242	3,277	3,312	3,348	3,383	3,418	3,453	3,489

Aplicación. Convertir 555 metros³ en fanegas (EE.UU.). 555 m³ = 15607,7 + 141,888 = 15749,588

CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE PESO
KILOGRAMOS-ONZAS. KILOGRAMOS-LIBRAS

Convertir kilogramos en onzas. 1 Kilogramo = 35,27397 onzas.

Kg	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Onzas									
0	0,00	35,274	70,5479	105,822	141,096	176,370	211,644	246,918	282,192	317,466
10	352,740	388,014	423,287	458,561	493,835	529,109	564,383	599,657	634,931	670,205
20	705,479	740,753	776,027	811,301	846,575	881,849	917,123	952,397	987,671	1022,94
30	1058,22	1093,49	1128,77	1164,04	1199,31	1234,59	1269,86	1305,14	1340,41	1375,68
40	1410,96	1446,23	1481,51	1516,78	1552,05	1587,33	1622,60	1657,88	1693,15	1728,42
50	1763,70	1798,97	1834,25	1869,52	1904,79	1940,07	1975,34	2010,62	2045,89	2081,16
60	2116,44	2151,71	2186,99	2222,26	2257,53	2292,81	2328,08	2363,36	2398,63	2433,90
70	2469,18	2504,43	2539,72	2575,00	2610,27	2645,55	2680,82	2716,09	2751,37	2786,64
80	2821,92	2857,19	2892,46	2927,74	2963,01	2998,29	3033,56	3068,83	3104,11	3139,38
90	3174,66	3209,93	3245,20	3280,48	3315,75	3351,03	3386,30	3421,57	3456,85	3492,12

Convertir onzas en gramos. 1 Onza = 28,34952 gramos.

Onzas	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Gramos									
0	0,00	28,3495	56,6991	85,0486	113,398	141,748	170,097	198,447	226,796	255,146
10	283,495	311,845	340,194	368,544	396,893	425,243	453,592	481,942	510,292	538,641
20	566,991	595,340	623,690	652,039	680,389	708,738	737,088	765,437	793,787	822,136
30	850,486	878,835	907,185	935,534	963,884	992,234	1020,58	1048,93	1077,28	1105,63
40	1133,98	1162,33	1190,68	1219,03	1247,38	1275,73	1304,08	1332,43	1360,78	1389,13
50	1417,48	1445,83	1474,18	1502,53	1530,87	1559,22	1587,57	1615,92	1644,27	1672,62
60	1700,97	1729,32	1757,67	1786,02	1814,37	1842,72	1871,07	1899,42	1927,77	1956,12
70	1984,47	2012,82	2041,17	2069,52	2097,87	2126,21	2154,56	2182,91	2211,26	2239,61
80	2267,96	2296,31	2324,66	2353,01	2381,36	2409,71	2438,06	2466,41	2494,76	2523,11
90	2551,46	2579,81	2608,16	2636,51	2664,86	2693,21	2721,55	2749,90	2778,25	2806,60

Aplicación. Convertir 820,37 onzas en gramos. 820,37 Onzas = 23246,6 + 10,4893 = 23257,09 gramos.

Convertir kilogramos en libras. 1 Kilogramo = 2,204622 libras.

Kg	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Libras									
0	0,00	2,20462	4,40924	6,61387	8,81849	11,0231	13,2277	15,4324	17,6370	19,8416
10	22,0462	24,2508	26,4555	28,6601	30,8647	33,0693	35,2740	37,4786	39,6832	41,8878
20	44,0924	46,2971	48,5017	50,7063	52,9109	52,1156	57,3202	59,5248	61,7294	63,9340
30	66,1387	68,3433	70,5479	72,7525	74,9572	77,1618	79,3664	81,5710	83,7757	85,9803
40	88,1849	90,3895	92,5941	94,7988	97,0034	99,2080	101,413	103,617	105,822	108,027
50	110,231	112,436	114,640	116,845	119,050	121,254	123,459	125,663	127,868	130,073
60	132,277	134,482	136,687	138,891	141,096	143,300	145,505	147,710	149,914	152,119
70	154,324	156,528	158,733	160,937	163,142	165,347	167,551	169,756	171,961	174,165
80	176,370	178,574	180,779	182,984	185,188	187,393	189,598	191,802	194,007	196,211
90	198,416	200,621	202,825	205,030	207,234	209,439	211,644	213,848	216,053	218,258

Convertir libras en kilogramos. 1 Libra = 0,45359243 kilogramos.

Libras	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilogramos									
0	0,00	0,45359	0,90718	1,36078	1,81437	2,26796	2,72155	3,17515	3,62874	4,08233
10	4,53592	4,98952	5,44311	5,89670	6,35029	6,80389	7,25748	7,71107	8,16466	8,61826
20	9,07185	9,52544	9,97903	10,4326	10,8862	11,3398	11,7934	12,2470	12,7006	13,1542
30	13,6078	14,0614	14,5150	14,9685	15,4221	15,8757	16,3293	16,7829	17,2365	17,6901
40	18,1437	18,5973	19,0509	19,5045	19,9581	20,4117	20,8653	21,3188	21,7724	22,2260
50	22,6796	23,1332	23,5868	24,0404	24,4940	24,9476	25,4012	25,8548	26,3084	26,7620
60	27,2155	27,6691	28,1227	28,5763	29,0299	29,4835	29,9371	30,3907	30,8443	31,2979
70	31,7515	32,2051	32,6587	33,1122	33,5658	34,0194	34,4730	34,9266	35,3802	35,8338
80	36,2874	36,7410	37,1946	37,6482	38,1018	38,5554	39,0089	39,4625	39,9161	40,3697
90	40,8233	41,2769	41,7305	42,1841	42,6377	43,0913	43,5449	43,9985	44,4521	44,9056

Aplicación: Convertir 195,83 kg en libras. 195,83 kg = 220,462 + 209,439 + 1,82984 = 431,731 libras

Nota. Para factores de conversión, véase la página 544.

CONVERSIÓN DE MEDIDAS DE PESO
TONELADAS-TONS. CORTAS. TONELADAS-TONS. LARGAS

Convertir toneladas métricas en toneladas cortas. 1 T. mét. = 1,102311 tons. cortas.

T. mét.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas cortas									
0	0,00	1,10231	2,20462	3,30693	4,40924	5,51155	6,61386	7,71617	8,81848	9,92079
10	11,0231	12,1254	13,2277	14,3300	15,4323	16,5347	17,6370	18,7393	19,8416	20,9439
20	22,0462	23,1485	24,2508	25,3531	26,4554	27,5578	28,6601	29,7624	30,8647	31,9670
30	33,0693	34,1716	35,2739	36,3762	37,4785	38,5809	39,6832	40,7855	41,8878	42,9901
40	44,0924	45,1947	46,2970	47,3993	48,5016	49,6040	50,7063	51,8086	52,9109	54,0132
50	55,1155	56,2178	57,3201	58,4224	59,5247	60,6271	61,7294	62,8317	63,9340	65,0363
60	66,1386	67,2409	68,3432	69,4455	70,5478	71,6502	72,7525	73,8548	74,9571	76,0594
70	77,1617	78,2640	79,3663	80,4686	81,5709	82,6733	83,7756	84,8779	85,9802	87,0825
80	88,1848	89,2871	90,3894	91,4917	92,5940	93,6964	94,7987	95,9010	97,0033	98,1056
90	99,2079	100,3102	101,4125	102,5148	103,6171	104,7195	105,8218	106,9241	108,0264	109,1287

Convertir toneladas cortas en toneladas métricas. 1 Ton. corta = 0,907185 ton. métricas.

T. corta	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas métricas									
0	0,00	0,90718	1,8144	2,7215	3,6287	4,5359	5,4431	6,3503	7,2575	8,1646
10	9,0718	9,9790	10,886	11,793	12,700	13,607	14,515	15,422	16,329	17,236
20	18,144	19,050	19,958	20,865	21,772	22,679	23,586	24,494	25,401	26,308
30	27,215	28,122	29,029	29,937	30,844	31,751	32,658	33,565	34,473	35,380
40	36,287	37,194	38,101	39,008	39,916	40,823	41,730	42,637	43,544	44,452
50	45,359	46,266	47,173	48,080	48,988	49,895	50,802	51,709	52,616	53,523
60	54,431	55,338	56,245	57,152	58,059	58,967	59,874	60,781	61,688	62,595
70	63,503	64,410	65,317	66,224	67,131	68,038	68,946	69,853	70,760	71,667
80	72,575	73,482	74,389	75,296	76,203	77,110	78,017	78,925	79,832	80,739
90	81,646	82,553	83,461	84,368	85,275	86,182	87,089	87,996	88,904	89,811

Aplicación: Convertir 575 ton cortas en ton. mét. 575 T. cort. = 517,09 + 4,5359 = 521,626 ton. mét.

Convertir toneladas métricas en toneladas largas. 1 T. mét. = 0,9842064 ton. largas.

T. mét.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas largas									
0	0,00	0,9842	1,9684	2,9526	3,9368	4,9210	5,9052	6,8894	7,8736	8,8578
10	9,8421	10,826	11,810	12,794	13,778	14,763	15,747	16,731	17,715	18,700
20	19,684	20,668	21,652	22,636	23,621	24,605	25,589	26,573	27,557	28,542
30	29,526	30,510	31,494	32,478	33,463	34,447	35,431	36,415	37,400	38,384
40	39,368	40,352	41,336	42,321	43,305	44,289	45,273	46,257	47,242	48,226
50	49,210	50,194	51,178	52,163	53,147	54,131	55,115	56,100	57,084	58,068
60	59,052	60,036	61,021	62,005	62,989	63,973	64,957	65,942	66,926	67,910
70	68,894	69,878	70,863	71,847	72,831	73,815	74,800	75,784	76,768	77,752
80	78,736	79,721	80,705	81,689	82,673	83,657	84,642	85,626	86,610	87,594
90	88,578	89,563	90,547	91,531	92,515	93,500	94,484	95,468	96,452	97,436

Convertir toneladas largas en toneladas métricas. 1 Ton. larga = 1,016047 ton. métricas.

T. larga	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas métricas									
0	0,00	1,0160	2,0321	3,0481	4,0642	5,0802	6,0963	7,1123	8,1284	9,1444
10	10,160	11,176	12,192	13,208	14,224	15,240	16,256	17,272	18,288	19,305
20	20,321	21,337	22,353	23,369	24,385	25,401	26,417	27,433	28,449	29,465
30	30,481	31,497	32,513	33,529	34,545	35,561	36,577	37,593	38,609	39,626
40	40,642	41,658	42,674	43,690	44,706	45,722	46,738	47,754	48,770	49,786
50	50,802	51,818	52,834	53,850	54,866	55,882	56,898	57,914	58,930	59,947
60	60,963	61,979	62,995	64,011	65,027	66,043	67,059	68,075	69,091	70,107
70	71,123	72,139	73,155	74,171	75,187	76,203	77,219	78,235	79,251	80,268
80	81,284	82,300	83,316	84,332	85,348	86,364	87,380	88,396	89,412	90,428
90	91,444	92,460	93,476	94,492	95,508	96,524	97,540	98,556	99,572	100,589

Aplicación: Convertir 575 ton. largas en ton. mét. 575 Ton. larg. = 579,14 + 5,0802 = 584,22 ton. mét.

Pesos unitarios Cargas	**CONVERSIÓN DE CARGAS KILOGRAMOS/CM-LIBRAS/PULG. KG/METRO-LIBRAS/PIE**	Tabla 15.15

Convertir kilogramos por centimetro en libras por pulgada. 1 Kg/cm = 5,59974 Lb/pulg.

Kg/cm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Libras por pulgada									
0	0,00	5,600	11,199	16,799	22,399	27,999	33,598	39,198	44,798	50,397
10	55,997	61,597	67,197	72,796	78,396	83,996	89,596	95,195	100,795	106,395
20	119,994	117,594	123,194	128,794	134,394	139,993	145,593	151,193	156,793	162,392
30	167,992	173,592	179,191	184,791	190,391	195,991	201,590	207,190	212,790	218,390
40	223,990	229,589	235,189	240,789	246,388	251,988	257,588	263,188	268,787	274,387
50	279,987	285,586	291,186	296,786	302,386	307,986	313,585	319,185	324,785	330,384
60	335,984	341,584	347,184	352,783	358,383	363,983	369,583	375,182	380,782	386,382
70	391,982	397,581	403,181	408,780	414,381	419,980	425,580	431,180	436,780	442,379
80	447,979	453,579	459,178	464,778	470,378	475,978	481,577	487,177	492,777	498,377
90	503,976	509,576	515,176	520,776	526,375	531,975	537,575	543,175	548,775	554,374

Convertir libras por pulgada en kilogramos por centímetro. 1 Lb/in = 0,178579 kg/cm.

Lb/in	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilogramos por centímetro									
0	0,00	0,178	0,357	0,536	0,714	0,893	1,071	1,250	1,428	1,607
10	1,786	1,964	2,143	2,321	2,500	2,678	2,857	3,036	3,214	3,393
20	3,571	3,750	3,929	4,107	4,286	4,464	4,643	4,821	5,000	5,179
30	5,357	5,536	5,714	5,893	6,071	6,250	6,429	6,607	6,786	6,964
40	7,143	7,322	7,500	7,679	7,857	8,036	8,214	8,393	8,572	8,750
50	8,929	9,107	9,286	9,464	9,643	9,822	10,000	10,179	10,357	10,536
60	10,715	10,893	11,072	11,250	11,429	11,607	11,786	11,965	12,143	12,322
70	12,500	12,679	12,857	13,036	13,215	13,393	13,572	13,750	13,929	14,108
80	14,286	14,465	14,643	14,822	15,000	15,179	15,358	15,536	15,715	15,893
90	16,072	16,250	16,429	16,608	16,786	16,965	17,143	17,322	17,501	17,679

Aplicación Convertir 85 kg/cm en libras/pulgada. 85 Kg/cm = 475,978 libras/pulgada.

Convertir kilogramos por metro en libras por pie. 1 Kg/m 0,6719688 libras/pie.

Kg/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Libras por pie									
0	0,00	0,672	1,344	2,016	2,688	3,360	4,032	4,704	5,376	6,048
10	6,719	7,392	8,063	8,735	9,407	10,079	10,751	11,423	12,095	12,767
20	13,439	14,111	14,783	15,455	16,127	16,799	17,471	18,143	18,815	19,487
30	20,159	20,831	21,503	22,175	22,847	23,519	24,191	24,863	25,535	26,207
40	26,879	27,551	28,223	28,894	29,566	30,238	30,910	31,582	32,254	32,926
50	33,598	34,270	34,942	35,614	36,286	36,958	37,630	38,302	38,974	39,646
60	40,318	40,990	41,662	42,334	43,006	43,678	44,350	45,022	45,694	46,366
70	47,038	47,710	48,382	49,054	49,726	50,398	51,069	51,741	52,413	53,085
80	53,757	54,429	55,101	55,773	56,445	57,117	57,789	58,461	59,133	59,805
90	60,477	61,149	61,821	62,493	63,165	63,837	64,509	65,181	65,853	66,525

Convertir libras por pie en kilogramos por metro. 1 Libra/pie = 1,488164 kilogramos/m.

Lb/ft	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilogramos por metro									
0	0,00	1,488	2,976	4,464	5,953	7,441	8,929	10,417	11,905	13,393
10	14,881	16,370	17,858	19,346	20,834	22,322	23,810	25,299	26,787	28,275
20	29,763	31,251	32,740	34,228	35,716	37,204	38,692	40,180	41,668	43,157
30	44,645	46,133	47,621	49,109	50,597	52,086	53,574	55,062	56,550	58,038
40	59,526	61,015	62,503	63,991	65,479	66,967	68,455	69,944	71,432	72,920
50	74,408	75,896	77,384	78,873	80,361	81,849	83,337	84,825	86,313	87,802
60	89,290	90,778	92,266	93,754	95,242	96,731	98,219	99,707	101,195	102,683
70	104,171	105,659	107,148	108,636	110,124	111,612	113,100	114,588	116,077	117,565
80	119,053	120,541	122,029	123,518	125,006	126,494	127,982	129,470	130,958	132,447
90	133,935	135,423	136,911	138,399	139,887	141,375	142,864	144,352	145,840	147,328

Aplicación: Convertir 952 libras/pie en kg/m. 952 libras = 1413,75 + 2,976 = 1416,726 kg/m

Nota. Para factores de conversión, véase la página 54.

Pesos unitarios Cargas	**CONVERSIÓN DE CARGAS** **TM/METRO-TONS. CORTAS/YARDA. TM/METRO-TONS.LARGAS/YARDA**	Tabla 15_2.15

Convertir toneladas por metro en toneladas cortas por yard. 1 T/m = 1,007953 t. cort/yarda

T/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas cortas por yarda									
0	0,00	1,008	2,016	3,024	4,032	5,040	6,048	7,056	8,063	9,071
10	10,079	11,087	12,095	13,103	14,111	15,119	16,127	17,135	18,143	19,151
20	20,159	21,167	22,175	23,183	24,191	25,199	26,207	27,215	28,223	29,231
30	30,238	31,246	32,254	33,262	34,270	35,278	36,286	37,294	38,302	39,310
40	40,318	41,326	42,334	43,342	44,350	45,358	46,366	47,374	48,382	49,390
50	50,398	51,405	52,413	53,421	54,429	55,437	56,445	57,453	58,461	59,469
60	60,477	61,485	62,493	63,501	64,509	65,517	66,525	67,533	68,541	69,549
70	70,557	71,565	72,573	73,580	74,588	75,596	76,604	77,612	78,620	79,628
80	80,636	81,644	82,652	83,660	84,668	85,676	86,684	87,692	88,700	89,708
90	90,715	91,724	92,732	93,740	94,747	95,755	96,763	97,771	98,779	99,787

Convertir toneladas cortas por yardas en toneladas por metro. 1 T. corta/yard. = 0,992109 t/m

T c. yd	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas por metro									
0	0,00	0,992	1,984	2,976	3,968	4,960	5,953	6,945	7,937	8,929
10	9,921	10,913	11,905	12,897	13,889	14,881	15,874	16,866	17,858	18,850
20	19,842	20,834	21,826	22,818	23,810	24,803	25,795	26,787	27,779	28,771
30	29,763	30,755	31,747	32,739	33,732	34,724	35,716	36,708	37,700	38,692
40	39,684	40,676	41,668	42,661	43,653	44,645	45,637	46,629	47,621	48,613
50	49,605	50,597	51,590	52,582	53,574	54,566	55,558	56,550	57,542	58,534
60	59,526	60,519	61,511	62,503	63,495	64,487	65,479	66,471	67,463	68,455
70	69,448	70,439	71,432	72,424	73,416	74,408	75,400	76,392	77,384	78,377
80	79,369	80,360	81,353	82,345	83,337	84,329	85,321	86,313	87,305	88,298
90	89,290	90,282	91,274	92,266	93,258	94,250	95,242	96,234	97,227	98,219

Aplicación: Convertir 706 ton. cortas/yardas en t/m. 706 Ton cort/yd = 694,48 + 5,953 = 700,433 t/m.

Convertir toneladas por metro en toneladas largas/yard. 1 T/m = 0,899958 t. largas/yarda

T/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas largas por yarda									
0	0,00	0,900	1,800	2,700	3,600	4,500	5,400	6,300	7,200	8,100
10	9,000	9,899	10,799	11,699	12,599	13,499	14,399	15,299	16,199	17,099
20	17,999	18,899	19,799	20,699	21,599	22,499	23,399	24,299	25,199	26,099
30	26,999	27,899	28,799	29,699	30,598	31,498	32,398	33,298	34,198	35,098
40	35,998	36,898	37,798	38,698	39,598	40,498	41,398	42,298	43,198	44,098
50	44,998	45,897	46,798	47,698	48,598	49,498	50,398	51,298	52,197	53,097
60	53,997	54,897	55,797	56,697	57,597	58,497	59,397	60,298	61,197	62,097
70	62,997	63,897	64,797	65,697	66,597	67,497	68,297	69,297	70,197	71,097
80	71,997	72,896	73,796	74,696	75,596	76,496	77,396	78,296	79,196	80,096
90	80,996	81,896	82,796	83,696	84,596	85,496	86,396	87,296	88,196	89,096

Convertir toneladas largas/yarda en toneladas por metro. 1 T larga/yarda = 1,1111625 t/m

T. l. yd	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas por metro									
0	0,00	1,111	2,222	3,333	4,445	5,556	6,667	7,778	8,889	10,000
10	11,112	12,223	13,334	14,445	15,556	16,667	17,779	18,890	20,001	21,112
20	22,223	23,334	24,445	25,557	26,668	27,779	28,890	30,001	31,112	32,224
30	33,335	34,446	35,557	36,668	37,779	38,891	40,002	41,113	42,224	43,335
40	44,446	45,558	46,669	47,780	48,891	50,002	51,113	52,225	53,336	54,447
50	55,558	56,669	57,780	58,892	60,003	61,114	62,225	63,336	64,447	65,559
60	66,670	67,781	68,892	70,003	71,114	72,225	73,337	74,448	75,559	76,670
70	77,781	78,892	80,004	81,115	82,226	83,337	84,448	85,559	86,671	87,782
80	88,893	90,004	91,115	92,226	93,338	94,449	95,560	96,671	97,782	98,893
90	100,005	101,116	102,227	103,338	104,449	105,560	106,672	107,783	108,894	110,005

Aplicación. Convertir 706 t/m en ton. largas/yarda. 706 T/m = 629,97 + 5,40 = 635,37 ton. largas/yarda.

Pesos unitarios Cargas	**CONVERSIÓN DE CARGAS KILOGRAMOS/CM²-LIBRAS/PULG.². KG./M²-LIBRAS/PIE²**	Tabla 15_3.15

Convertir kilogramos por centímetro² en libras por pulgada². 1 Kg/cm² 14,22334 Lb/pulg².

Kg cm²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Libras por pulgada cuadrada									
0	0,00	14,223	28,447	42,670	56,893	71,117	85,340	99,563	113,787	128,010
10	142,233	156,457	170,680	184,903	199,127	213,350	227,573	241,797	256,020	270,243
20	284,467	298,690	312,913	327,137	341,360	355,583	369,807	384,030	398,253	412,477
30	426,700	440,923	455,147	469,370	483,593	497,817	512,040	526,263	540,487	554,710
40	568,934	583,157	597,380	611,604	625,827	640,050	654,274	668,497	682,720	696,944
50	711,167	725,390	739,614	753,837	768,060	782,284	796,507	810,730	824,953	839,177
60	853,400	867,624	896,070	896,070	910,294	924,517	938,740	952,964	967,187	981,410
70	995,634	1009,86	1024,08	1038,30	1052,53	1066,75	1080,97	1095,20	1109,42	1123,64
80	1137,87	1152,09	1166,31	1180,54	1194,76	1208,98	1223,21	1237,43	1251,65	1265,88
90	1280,10	1294,32	1308,55	1322,77	1336,99	1351,22	1365,44	1379,66	1393,89	1408,11

Convertir libras por pulgada² en kilogramos por centímetro² 1 Lb/pulg.² = 0,070307 kg/cm²

Lb in²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilogramos por centímetro²									
0	0,00	0,070	0,141	0,211	0,281	0,351	0,422	0,492	0,562	0,633
10	0,703	0,773	0,844	0,914	0,984	1,055	1,125	1,195	1,265	1,336
20	1,406	1,476	1,547	1,617	1,687	1,758	1,829	1,898	1,969	2,039
30	2,109	2,179	2,250	2,320	2,390	2,461	2,531	2,601	2,672	2,742
40	2,812	2,883	2,953	3,023	3,093	3,164	3,234	3,304	3,374	3,445
50	3,515	3,586	3,656	3,726	3,797	3,867	3,937	4,007	4,078	4,148
60	4,218	4,289	4,359	4,429	4,500	4,570	4,640	4,711	4,781	4,851
70	4,921	4,992	5,062	5,132	5,203	5,273	5,343	5,414	5,484	5,554
80	5,625	5,695	5,765	5,835	5,906	5,976	6,046	6,117	6,187	6,257
90	6,328	6,398	6,468	6,538	6,609	6,679	6,749	6,820	6,890	6,960

Aplicación Convertir 105 kg/cm² en libras/pulgada². 105 Kg/cm² = 1422,33 + 71,117 = 1493,447 lb/pulg.².

Convertir kilogramos por metro² en libras por pie². Kg/m² = 0,204816 lb/pie².

Kg m²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Libras por pie cuadrado									
0	0,00	0,205	0,410	0,614	0,819	1,024	1,229	1,434	1,639	1,843
10	2,048	2,253	2,458	2,663	2,867	3,072	3,277	3,482	3,687	3,891
20	4,096	4,301	4,506	4,711	4,916	5,120	5,325	5,530	5,736	5,940
30	6,144	6,349	6,554	6,759	6,964	7,166	7,373	7,578	7,783	7,988
40	8,193	8,397	8,602	8,807	9,012	9,217	9,421	9,626	9,831	10,036
50	10,241	10,446	10,650	10,855	11,060	11,265	11,470	11,674	11,879	12,084
60	12,289	12,493	12,699	12,903	13,108	13,313	13,518	13,723	13,927	14,132
70	14,337	14,542	14,747	14,951	15,156	15,361	15,566	15,771	15,976	16,180
80	16,385	16,590	16,795	17,000	17,204	17,409	17,614	17,819	18,024	18,229
90	18,433	18,638	18,843	19,048	19,253	19,457	19,662	19,867	20,072	20,277

Convertir libras por pie² en kilogramos por metro². 1 Lb/pie² = 4,882428 kg/metro².

Lb ft²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilogramos por metro²									
0	0,00	4,882	9,765	14,647	19,530	24,412	29,295	34,177	39,060	43,942
10	48,824	53,707	58,589	63,472	68,354	73,237	78,119	83,002	87,884	92,766
20	97,649	102,53	107,41	112,30	117,18	122,06	126,94	131,83	136,71	141,59
30	146,47	151,36	156,24	161,12	166,00	170,89	175,77	180,65	185,53	190,41
40	195,30	200,18	205,06	209,94	214,83	219,71	224,59	229,47	234,36	239,24
50	244,12	249,00	253,89	258,77	263,65	268,53	273,42	278,30	283,18	288,06
60	292,95	297,83	302,71	307,59	312,48	317,36	322,24	327,12	332,01	336,89
70	341,77	346,65	351,54	356,42	361,30	366,18	371,07	375,95	380,83	385,71
80	390,60	395,48	400,36	405,24	410,12	415,01	419,89	424,77	429,65	434,54
90	439,42	444,30	449,18	454,07	458,95	463,83	468,71	473,60	478,48	483,36

Aplicación Convertir 125 kg/m² en libras/pie² 125 Kg/m² = 20,48 + 5,120 = 25,6 libras/pie²

Pesos unitarios Cargas	CONVERSIÓN DE CARGAS TONS/METRO^2-TONS. CORTAS/YARDA^2. TONS/METRO^2-TONS. LARGAS/YARDA^2	Tabla 15_4.15

Convertir toneladas por metro² en toneladas cortas por yarda² 1 T/m² = 0,9216724 ton. cortas/yarda²

T/m²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas cortas por yarda²									
0	0,00	0,922	1,843	2,765	3,687	4,608	5,530	6,452	7,373	8,295
10	9,217	10,138	11,060	11,982	12,903	13,825	14,747	15,668	16,590	17,512
20	18,433	19,355	20,277	21,198	22,120	23,042	23,963	24,885	25,807	26,728
30	27,650	28,572	29,493	30,415	31,337	32,258	33,180	34,102	35,023	35,945
40	36,867	37,789	38,710	39,632	40,554	41,475	42,397	43,319	44,240	45,162
50	46,084	47,005	47,927	48,849	49,770	50,692	51,614	52,536	53,457	54,379
60	55,300	56,222	57,144	58,065	58,987	59,909	60,830	61,752	62,674	63,595
70	64,517	65,439	66,360	67,282	68,204	69,125	70,047	70,969	71,890	72,812
80	73,734	74,655	75,577	76,499	77,420	78,342	79,264	80,185	81,107	82,029
90	82,950	83,872	84,794	85,715	86,637	87,559	88,480	89,402	90,324	91 246

Convertir toneladas cortas/yarda² en toneladas por metro² 1 T corta/yarda² = 1,084984 t/metro²

T.c./yd²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas por metro²									
0	0,00	1,085	2,170	3,255	4,340	5,425	6,510	7,595	8,680	9,765
10	10,850	11,935	13,020	14,105	15,190	16,275	17,360	18,445	19,530	20,615
20	21,700	22,785	23,870	24,955	26,040	27,125	28,210	29,294	30,379	31,464
30	32,549	33,634	34,719	35,804	36,889	37,974	39,059	40,144	41,229	42,314
40	43,399	44,484	45,569	46,654	47,739	48,824	49,909	50,994	52,079	53,164
50	54,249	55,334	56,419	57,504	58,589	59,674	60,759	61,844	62,929	64,014
60	65,099	66,184	67,269	68,354	69,439	70,524	71,609	72,694	73,779	74,864
70	75,949	77,034	78,119	79,204	80,289	81,374	82,459	83,544	84,629	85,714
80	86,799	87,884	88,969	90,054	91,139	92,224	93,309	94,394	95,478	96,563
90	97,648	98,733	99,818	100,903	101,988	103,073	104,158	105,243	106,328	107,413

Aplicación: Convertir 30,87 tons. cortas/yarda² en t/m². 30,87 Ton. cortas/yd² 32,549 + 0,94394 = 33,493 t/m²

Convertir toneladas por metro² en toneladas largas/yarda². 1 T/m² = 0,8229219 ton largas/yarda²

T/m²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas largas por yarda²									
0	0,00	0,823	1,646	2,469	3,292	4,115	4,937	5,760	6,583	7,406
10	8,229	9,052	9,875	10,698	11,521	12,344	13,167	13,990	14,812	15,635
20	16,458	17,281	18,104	18,927	19,750	20,573	21,396	22,219	23,042	23,865
30	24,688	25,510	26,333	27,156	27,979	28,802	29,625	30,448	31,271	32,094
40	32,917	33,740	34,563	35,385	36,208	37,031	37,854	38,677	39,500	40,323
50	41,146	41,969	42,792	43,615	44,438	45,260	46,083	46,906	47,729	48,552
60	49,375	50,198	51,021	51,844	52,669	53,490	54,313	55,136	55,958	56,781
70	57,604	58,427	59,250	60,073	60,896	61,719	62,542	63,365	64,188	65,010
80	65,835	66,656	67,479	68,302	69,125	69,948	70,771	71,594	72,417	73,240
90	74,063	74,886	75,708	76,531	77,354	78,177	79,000	79,823	80,646	81,469

Convertir toneladas largas/yarda² en toneladas por metro². 1 T. larga/yarda² 1,215182 t/m²

T.L./yd²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas por metro²									
0	0,00	1,215	2,430	3,645	4,861	6,076	7,291	8,506	9,721	10,937
10	12,152	13,367	14,582	15,797	17,012	18,228	19,443	20,658	21,873	23,088
20	24,303	25,519	26,734	27,949	29,164	30,379	31,595	32,810	34,025	35,240
30	36,456	37,671	38,886	40,101	41,316	42,531	43,746	44,962	46,177	47,392
40	48,607	49,822	51,038	52,253	53,468	54,683	55,898	57,113	58,329	59,544
50	60,759	61,974	63,189	64,405	65,620	66,835	68,050	69,265	70,480	71,696
60	72,911	74,126	75,341	76,556	77,772	78,987	80,202	81,417	82,632	83,847
70	85,063	86,278	87,493	88,708	89,923	91,139	92,354	93,569	94,784	95,999
80	97,214	98,430	99,645	100,860	102,075	103,290	104,506	105,721	106,936	108,151
90	109,366	110,581	111,797	113,012	114,227	115,442	116,657	117,872	119,088	120,303

Aplicación: Convertir 30,87 ton. largas/yarda² en t/m². 30,87 Ton largas/yd² = 36,456 + 1,05721 = 37,513 t/m²

Pesos unitarios Cargas	CONVERSIÓN DE CARGAS KILOGRAMOS/CM³-LIBRAS/PULG.³. KG/M³-LIBRAS/PIE³	Tabla 15_6.15

Convertir kilogramos por centímetros³ en libras por pulgada³. 1 Kg./cm³ = 36,127287 libras/pulgada³.

Kg/cm³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Libras por pulgada³									
0	0,00	36,13	72,25	108,38	144,51	180,64	216,76	252,89	289,02	325,14
10	361,27	397,40	433,53	469,65	505,78	541,91	578,04	614,16	650,29	686,42
20	722,55	758,67	794,80	830,93	867,05	903,18	939,31	975,44	1011,6	1047,7
30	1083,8	1119,9	1156,1	1192,2	1228,3	1264,5	1300,6	1336,7	1372,8	1409,0
40	1445,1	1481,2	1517,3	1553,5	1589,6	1625,7	1661,8	1698,0	1734,1	1770,2
50	1806,4	1842,5	1878,6	1914,7	1950,9	1987,0	2023,1	2059,3	2095,4	2131,5
60	2167,6	2203,8	2239,9	2276,0	2312,1	2348,2	2384,4	2420,5	2456,7	2492,8
70	2528,9	2565,0	2601,2	2637,3	2673,4	2709,5	2745,7	2781,8	2817,9	2854,1
80	2890,2	2926,3	2962,4	2998,6	3034,7	3070,8	3106,9	3143,1	3179,2	3215,3
90	3251,4	3287,6	3323,7	3359,8	3396,0	3432,1	3468,2	3504,3	3540,5	3576,6

Convertir libras por pulgada³ en kilogramos por centímetro³. 1 Libras/pulg.³ = 0,0276799 kg/cm³.

L. pulg³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilogramos por centímetro³									
0	0,00	0,0277	0,0554	0,0831	0,1107	0,1384	0,1661	0,1938	0,2214	0,2491
10	0,2768	0,3045	0,3322	0,3598	0,3986	0,4152	0,4429	0,4706	0,4982	0,5259
20	0,5536	0,5813	0,6090	0,6366	0,6643	0,6920	0,7197	0,7474	0,7750	0,8027
30	0,8304	0,8581	0,8858	0,9134	0,9411	0,9688	0,9965	1,0242	1,0518	1,0795
40	1,1072	1,1349	1,1626	1,1902	1,2179	1,2456	1,2733	1,3010	1,3286	1,3563
50	1,3840	1,4117	1,4394	1,4670	1,4947	1,5224	1,5501	1,5778	1,6054	1,6331
60	1,6608	1,6885	1,7162	1,7438	1,7715	1,7992	1,8269	1,8546	1,8822	1,9099
70	1,9376	1,9653	1,9930	2,0206	2,0483	2,0760	2,1037	2,1314	2,1590	2,1867
80	2,2144	2,2421	2,2698	2,2974	2,3251	2,3528	2,3805	2,4082	2,4358	2,4635
90	2,4912	2,5189	2,5466	2,5742	2,6019	2,6296	2,6573	2,6850	2,7126	2,7403

Aplicación: Convertir 52,25 kg/cm³ en libras/pulgada³. 52,25 kg/cm³ = 1878,6 + 9,0318 = 1887,63 Lb/pulg.³.

Convertir kilogramos por metro³ en libras por pie³. 1 Kg/m³ = 0,0624279 libras/pie³

Kg/m³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Libras por pie³									
0	0,00	0,062	0,125	0,187	0,250	0,312	0,375	0,467	0,499	0,562
10	0,624	0,687	0,749	0,812	0,874	0,936	0,999	1,061	1,124	1,186
20	1,248	1,311	1,373	1,436	1,498	1,560	1,623	1,685	1,748	1,810
30	1,873	1,935	1,998	2,060	2,122	2,185	2,247	2,310	2,372	2,435
40	2,497	2,559	2,622	2,684	2,474	2,809	2,872	2,934	2,996	3,059
50	3,121	3,184	3,246	3,309	3,371	3,433	3,496	3,558	3,621	3,683
60	3,746	3,808	3,870	3,933	3,995	4,058	4,120	4,183	4,245	4,307
70	4,370	4,432	4,495	4,557	4,620	4,682	4,744	4,807	4,869	4,932
80	4,994	5,057	5,119	5,181	5,244	5,306	5,369	5,431	5,494	5,556
90	5,618	5,681	5,743	5,806	5,868	5,931	5,993	6,055	6,118	6,180

Convertir libras por pie³ en kilogramos por metro³. 1 Libra por pie³ = 16,018466 kg. por metro³.

Lb/p³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilogramos por metro³									
0	0,00	16,02	32,04	48,06	64,07	80,09	96,11	112,13	128,15	144,17
10	160,19	176,20	192,22	208,24	224,26	240,28	256,30	272,31	288,33	304,35
20	320,37	336,39	352,41	368,43	384,44	400,46	416,48	432,49	448,52	464,54
30	480,55	496,57	512,59	528,61	544,63	560,65	576,67	592,68	608,70	624,72
40	640,74	656,76	672,78	688,79	704,81	720,83	736,85	752,87	768,89	784,91
50	800,92	816,94	832,96	848,98	865,00	881,02	897,03	913,05	929,07	945,09
60	961,11	977,13	993,15	1009,2	1025,2	1041,2	1057,2	1073,2	1089,3	1105,3
70	1121,3	1137,3	1153,3	1169,4	1185,4	1201,4	1217,4	1233,4	1249,4	1265,5
80	1281,5	1297,5	1313,5	1329,5	1345,6	1361,6	1377,6	1393,6	1409,6	1425,6
90	1441,7	1457,7	1473,7	1489,7	1505,7	1521,8	1537,8	1553,8	1569,8	1585,8

Convertir 52,25 libras por pie³ en kg/m³. 52,25 Libras/pie³ = 3,246 + 0,156 = 3,402 kg/m³

Pesos unitarios Cargas	**CONVERSIÓN DE CARGAS** **TONS/METRO³-TONS. CORTAS/YARDA³. TONS/METRO³-TONS. LARGAS/YARDA³**	**Tabla 15_6.15**

Convertir toneladas por metro³ en toneladas cortas/yarda³. 1 T/m³ = 0,842777 t. cortas/yarda³

T/m³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas cortas por yarda³									
0	0,00	0,843	1,685	2,528	3,371	4,214	5,057	5,899	6,742	7,585
10	8,428	9,270	10,113	10,956	11,799	12,642	13,484	14,327	15,170	16,013
20	16,855	17,698	18,541	19,384	20,227	21,069	21,912	22,755	23,598	24,440
30	25,283	26,126	26,969	27,812	28,654	29,497	30,340	31,183	32,025	32,868
40	33,711	34,554	35,397	36,239	37,082	37,925	38,768	39,610	40,453	41,296
50	42,139	42,982	43,824	44,667	45,510	46,353	47,195	48,038	48,881	49,724
60	50,567	51,409	52,252	53,095	53,938	54,780	55,623	56,466	57,309	58,152
70	58,994	59,837	60,680	61,523	62,365	63,208	64,051	64,894	65,737	66,579
80	67,422	68,265	69,108	69,950	70,793	71,636	72,479	73,322	74,164	75,007
90	75,850	76,693	77,535	78,378	79,221	80,064	80,907	81,749	82,592	83,435

Convertir toneladas cortas/yarda³ en toneladas por m³. 1 T. corta/yarda³ = 1,186553 t/metro³.

T.c./yd³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas métricas por metro³									
0	0,00	1,186	2,373	3,560	4,746	5,933	7,119	8,306	9,492	10,679
10	11,865	13,052	14,239	15,425	16,612	17,798	18,985	20,171	21,358	22,544
20	23,731	24,918	26,104	27,291	28,477	29,664	30,850	32,037	33,223	34,410
30	35,597	36,783	37,970	39,156	40,343	41,529	42,716	43,902	45,089	46,276
40	47,462	48,649	49,835	51,022	52,208	53,395	54,581	55,768	56,954	58,141
50	59,328	60,514	61,701	62,887	64,074	65,260	66,447	67,633	68,820	70,007
60	71,193	72,380	73,566	74,753	75,939	77,126	78,312	79,499	80,686	81,872
70	83,059	84,245	85,432	86,618	87,805	88,991	90,178	91,365	92,551	93,738
80	94,924	96,111	97,297	98,484	99,670	100,857	102,044	103,230	104,417	105,603
90	106,790	107,976	109,163	110,349	111,536	112,722	113,909	115,096	116,282	117,469

Aplicación. Convertir 15,575 t/m³ en t. ct/yd³. 15,575 Kg/m³ = 12,642 + 0,48038 + 0,004214 = 13,1266 t. ct/yd³.

Convertir toneladas por metro³ en toneladas largas/yarda³. 1 T/m³ = 0,7524798 ton. largas/yarda³

T/m³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas largas por yarda³									
0	0,00	0,752	1,505	2,257	3,010	3,762	4,515	5,267	6,020	6,772
10	7,525	8,277	9,030	9,782	10,535	11,287	12,040	12,792	13,545	14,297
20	15,050	15,802	16,554	17,307	18,059	18,812	19,564	20,317	21,069	21,822
30	22,574	23,327	24,079	24,832	25,584	26,337	27,089	27,842	28,594	29,347
40	30,099	30,852	31,604	32,357	33,109	33,862	34,614	35,366	36,119	36,871
50	37,624	38,376	39,129	39,881	40,634	41,386	42,139	42,891	43,644	44,396
60	45,149	45,901	46,654	47,406	48,159	48,911	49,664	50,416	51,169	51,921
70	52,674	53,426	54,178	54,931	55,683	56,436	57,188	57,941	58,693	59,446
80	60,198	60,951	63,703	62,456	63,208	63,961	64,713	65,466	66,218	66,971
90	67,723	68,476	69,228	69,981	70,733	71,486	72,238	72,990	73,743	74,495

Convertir toneladas largas/yarda³ en toneladas por metro³. 1 T. larga/yarda³ = 1,328939 t/m³

T.L. yd³	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Toneladas por metro³									
0	0,00	1,329	2,658	3,987	5,316	6,645	7,974	9,303	10,631	11,960
10	13,289	14,618	15,947	17,276	18,605	19,934	21,263	22,592	23,921	25,250
20	26,579	27,908	29,237	30,566	31,894	33,223	34,552	35,881	37,210	38,539
30	39,868	41,197	42,526	43,855	45,184	46,513	47,842	49,171	50,500	51,829
40	53,158	54,486	55,815	57,144	58,473	59,802	61,131	62,460	63,789	65,118
50	66,447	67,776	69,105	70,434	71,763	73,092	74,421	75,749	77,078	78,407
60	79,736	81,065	82,394	83,723	85,052	86,381	87,710	89,039	90,368	91,697
70	93,026	94,355	95,684	97,012	98,341	99,670	100,999	102,328	103,657	104,986
80	106,315	107,644	108,973	110,302	111,631	112,960	114,289	115,618	116,947	118,276
90	119,604	120,933	122,262	123,591	124,920	126,249	127,578	128,907	130,236	131,565

Aplicación. Convertir 15,575 t. largas/yd³ en t/m³. 15,575 T. larg./yd³ = 19,934 + 0,75749 + 0,006645 = 20,698 t/m³

CONVERSIÓN DE UNIDADES DE FUERZA
NEWTON-KILOGRAMOS DE FUERZA. NEWTON-POUNDALES

Convertir Newton en kilogramos de fuerza. 1 Newton = 0,10197162 kilogramos de fuerza.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilogramos de fuerza									
0	0,00	0,102	0,204	0,306	0,408	0,510	0,612	0,714	0,816	0,918
10	1,020	1,122	1,224	1,326	1,428	1,530	1,632	1,734	1,835	1,937
20	2,039	2,141	2,243	2,345	2,447	2,549	2,651	2,753	2,855	2,957
30	3,059	3,161	3,263	3,365	3,467	3,569	3,671	3,773	3,875	3,972
40	4,079	4,181	4,283	4,385	4,487	4,589	4,691	4,793	4,895	4,997
50	5,099	5,201	5,303	5,404	5,506	5,608	5,710	5,812	5,914	6,016
60	6,118	6,220	6,322	6,424	6,526	6,628	6,730	6,832	6,934	7,036
70	7,138	7,240	7,342	7,444	7,546	7,648	7,750	7,852	7,954	8,056
80	8,158	8,260	8,362	8,464	8,566	8,668	8,770	8,872	8,974	9,075
90	9,177	9,279	9,381	9,483	9,585	9,687	9,789	9,891	9,993	10,095

Convertir kilogramos de fuerza en Newton. 1 Kilogramo de fuerza = 9,80665 Newton

Kg f	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Newton									
0	0,00	9,81	19,61	29,42	39,23	49,03	58,84	68,65	78,45	88,26
10	98,07	107,87	117,68	127,49	137,29	147,10	156,91	166,71	176,52	186,33
20	196,13	205,94	215,75	225,55	235,36	245,17	254,97	264,78	274,59	284,39
30	294,20	304,01	313,81	323,62	333,43	343,23	353,04	362,85	372,65	382,46
40	392,27	402,07	411,88	421,69	431,49	441,30	451,11	460,91	470,77	480,53
50	490,33	500,14	509,95	519,75	529,56	539,37	549,17	558,98	568,79	578,59
60	588,40	598,21	608,01	617,82	627,63	637,43	647,24	657,05	666,85	676,66
70	686,47	696,27	706,08	715,89	725,69	735,50	745,31	755,11	764,92	774,73
80	784,53	794,34	804,15	813,95	823,76	833,57	843,37	853,18	862,99	872,79
90	882,60	892,40	902,21	912,02	921,83	931,63	941,44	951,25	961,05	970,86

Aplicación Convertir 73,85 Newton en kilogramos de fuerza. 73,85 Newton = 7,444 + 0,8668 8,3108 kg f

Convertir Newton en poundales 1 Newton = 7,2330129 poundales.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Poundales									
0	0,00	7,23	14,47	21,70	28,93	36,17	43,30	50,63	57,86	65,10
10	72,33	79,56	86,80	94,03	101,26	108,50	115,73	122,96	130,19	137,43
20	144,66	151,89	159,13	166,36	173,59	180,83	188,06	195,29	202,52	209,76
30	216,99	224,22	231,46	238,69	245,92	253,16	260,39	267,62	274,85	282,09
40	289,32	296,55	303,79	311,02	318,25	325,49	332,72	339,95	347,18	354,42
50	361,65	368,88	376,11	383,35	390,58	397,82	405,05	412,28	419,51	426,75
60	433,98	441,21	448,45	455,68	462,91	470,15	477,38	484,61	491,85	499,08
70	506,31	513,54	520,78	528,01	535,24	542,48	549,71	556,94	564,18	571,41
80	578,64	585,87	593,11	600,34	607,57	614,81	622,04	629,27	636,51	643,74
90	650,97	658,20	665,44	672,67	679,90	687,14	694,37	701,60	708,84	716,07

Convertir poundales en Newton 1 Poundal = 0,13825497 Newton

P	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Newton									
0	0,00	0,138	0,277	0,415	0,553	0,691	0,830	0,968	1,106	1,244
10	1,383	1,521	1,659	1,797	1,936	2,074	2,212	2,350	2,489	2,627
20	2,765	2,903	3,042	3,180	3,318	3,456	3,595	3,733	3,871	4,009
30	4,148	4,286	4,424	4,562	4,701	4,839	4,977	5,115	5,254	5,392
40	5,530	5,668	5,807	5,945	6,083	6,221	6,360	6,498	6,636	6,774
50	6,913	7,051	7,189	7,328	7,466	7,604	7,742	7,881	8,019	8,157
60	8,295	8,434	8,572	8,710	8,848	8,987	9,125	9,263	9,401	9,540
70	9,678	9,816	9,954	10,093	10,231	10,369	10,507	10,646	10,784	10,922
80	11,060	11,199	11,337	11,475	11,613	11,752	11,890	12,028	12,166	12,305
90	12,443	12,581	12,719	12,858	12,996	13,134	13,272	13,411	13,549	13,687

Aplicación: Convertir 738,5 poundales en Newton 738,5 poundales 96,78 + 5,254 + 0,0691 = 102,103 N.

Nota Para factores de conversión, véase la página 55

Unidades de fuerza Conversiones	**CONVERSIÓN DE UNIDADES DE FUERZA NEWTON-MET.-LIBRAS-FUERZA-PULG. KG. FUERZA-POUNDALES**	Tabla 16_2.15

Convertir Newton-metro en libras fuerza-pulgada. 1 N-m = 8,850748 libras fuerza-pulgada.

Nm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Libras fuerza-pulgada									
0	0,00	8,55	17,70	26,55	35,40	44,25	53,10	61,95	70,80	79,66
10	88,51	97,36	106,21	115,06	123,91	132,76	141,61	150,46	159,31	168,16
20	170,01	185,86	194,72	203,57	212,42	221,27	230,12	238,97	247,82	256,67
30	265,52	274,37	283,22	292,07	300,92	309,78	318,63	327,48	336,33	345,18
40	354,03	362,88	371,73	380,58	389,43	398,28	407,13	415,98	424,83	433,69
50	442,54	451,39	460,24	469,09	477,94	486,79	495,64	504,49	513,34	522,19
60	531,04	539,89	548,75	557,60	566,45	575,30	584,15	593,00	601,85	610,70
70	619,55	628,40	637,25	646,10	654,95	663,81	672,66	681,51	690,36	699,21
80	708,06	716,91	725,76	734,61	743,46	752,31	761,16	770,01	778,86	787,72
90	796,57	805,42	814,27	823,12	831,97	840,82	849,67	858,52	867,37	876,22

Convertir libras fuerza-pulgada en Newton-metro. 1 Libra fuerza-pulgada = 0,1129848 N-m

Lb fp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Newton-metro									
0	0,00	0,11	0,23	0,34	0,45	0,57	0,68	0,79	0,90	1,02
10	1,13	1,24	1,36	1,47	1,58	1,70	1,81	1,92	2,03	2,15
20	2,26	2,37	2,49	2,60	2,71	2,83	2,94	3,05	3,16	3,28
30	3,39	3,50	3,62	3,73	3,84	3,95	4,07	4,18	4,29	4,41
40	4,52	4,63	4,75	4,86	4,97	5,08	5,20	5,31	5,42	5,54
50	5,65	5,76	5,88	5,99	6,10	6,21	6,33	6,44	6,55	6,67
60	6,78	6,98	7,01	7,12	7,23	7,34	7,46	7,57	7,68	7,80
70	7,91	8,02	8,14	8,25	8,36	8,47	8,59	8,70	8,81	8,93
80	9,04	9,16	9,27	9,38	9,49	9,60	9,72	9,83	9,94	10,06
90	10,17	10,28	10,40	18,51	10,62	10,73	10,85	10,96	11,07	11,19

Aplicación: Convertir 33,36 Newton-metro en lb. fuerza-pulg. 33,36 N-m = 292,07 + 31,863 = 323,933 lbf-pulg

Convertir kilogramos de fuerza en poundales. 1 Kilogramo de fuerza = 70,9316259 poundales

Kg f.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Poundales									
0	0,0	70,9	141,8	212,8	283,7	354,7	425,6	496,5	567,5	638,4
10	709,3	780,3	851,2	922,1	993,0	1064,0	1134,9	1205,8	1276,8	1347,7
20	1418,6	1489,6	1560,5	1631,4	1702,3	1773,3	1844,2	1915,1	1986,1	2057,0
30	2127,9	2198,9	2269,8	2340,7	2411,7	2482,6	2553,5	2624,5	2695,4	2766,3
40	2837,3	2908,2	2979,1	3050,0	3121,0	3191,9	3262,8	3333,8	3404,7	3475,6
50	3546,6	3617,5	3688,4	3759,4	3830,3	3901,2	3972,2	4043,1	4114,0	4185,0
60	4256,0	4326,8	4397,8	4468,7	4539,6	4610,5	4681,5	4752,4	4823,3	4894,3
70	4965,2	5036,1	5107,1	5178,0	5248,9	5319,9	5390,8	5461,7	5532,7	5603,6
80	5674,5	5745,5	5816,4	5887,3	5958,2	6029,2	6100,1	6171,0	6242,0	6312,9
90	6383,8	6454,8	6525,7	6596,6	6667,6	6738,5	6809,4	6880,4	6951,3	7022,2

Convertir poundales en kilogramos de fuerza. 1 Poundal = 0,01409808 kilogramos de fuerza

Poun.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilogramos de fuerza									
0	0,00	0,014	0,028	0,042	0,056	0,070	0,085	0,099	0,113	0,127
10	0,141	0,155	0,169	0,183	0,197	0,214	0,226	0,240	0,254	0,268
20	0,282	0,296	0,310	0,324	0,338	0,352	0,367	0,381	0,395	0,409
30	0,423	0,437	0,451	0,465	0,479	0,493	0,508	0,522	0,536	0,550
40	0,564	0,578	0,592	0,606	0,620	0,634	0,649	0,663	0,677	0,691
50	0,705	0,719	0,733	0,747	0,761	0,775	0,789	0,804	0,818	0,832
60	0,846	0,860	0,874	0,888	0,902	0,916	0,930	0,946	0,959	0,973
70	0,987	1,001	1,015	1,029	1,043	1,057	1,071	1,086	1,100	1,114
80	1,128	1,142	1,156	1,170	1,184	1,198	1,212	1,227	1,241	1,255
90	1,269	1,283	1,297	1,311	1,325	1,339	1,353	1,368	1,382	1,396

Aplicación. Convertir 336,6 poundales en kg. de fuerza. 333,66 Poundales = 4,23 + 0,465 + 0,0085 = 4,7035 kg f.

Unidades de fuerza Conversiones	**CONVERSIÓN DE UNIDADES DE FUERZA NEWTON/METRO-LIBRAS/PULGADA. NEWTON/METRO-LIBRAS/PIE**	Tabla 16_3.15

Convertir K Newton/m en libras/pulgada. 1 K Newton/m = 5,710146 libras por pulgada.

KN/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Libras por pulgada									
0	0,00	5,710	11,420	17,130	22,840	28,551	34,261	39,971	45,681	51,391
10	57,101	62,817	68,522	74,232	79,942	85,652	91,362	97,072	102,783	108,493
20	114,203	119,913	125,623	131,333	137,043	142,754	148,464	154,174	159,884	165,594
30	171,304	177,014	182,725	188,435	194,145	199,855	205,565	211,275	216,985	222,696
40	228,406	234,116	239,826	245,536	251,246	256,957	262,667	268,377	274,087	279,797
50	285,507	291,217	296,928	302,638	308,348	314,058	319,768	325,478	331,188	336,899
60	342,609	348,319	354,029	359,739	365,449	371,159	376,870	382,580	388,290	394,000
70	399,710	405,420	411,130	416,841	422,551	428,261	433,971	439,681	445,391	451,101
80	456,812	462,522	468,232	473,942	497,652	485,362	491,072	496,783	502,493	508,203
90	513,913	519,623	525,333	531,044	536,754	542,464	548,174	553,884	559,594	565,304

Convertir libras/pulgada en K Newton por metro. 1 Lb por pulgada = 0,1751268 K N/m.

Lb/in	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	K Newton por metro									
0	0,00	0,175	0,350	0,525	0,701	0,876	1,051	1,226	1,401	1,576
10	1,751	1,926	2,101	2,277	2,452	2,627	2,802	2,977	3,152	3,327
20	3,502	3,678	3,853	4,028	4,203	4,378	4,553	4,728	4,903	5,079
30	5,254	5,429	5,604	5,779	5,954	6,129	6,305	6,480	6,655	6,830
40	7,005	7,180	7,355	7,530	7,706	7,881	8,056	8,231	8,406	8,581
50	8,756	8,931	9,107	9,282	9,457	9,632	9,807	9,982	10,157	10,332
60	10,508	10,683	10,858	11,033	11,208	11,383	11,558	11,733	11,909	12,084
70	12,259	12,434	12,609	12,784	12,959	13,134	13,310	13,485	13,660	13,835
80	14,010	14,185	14,360	14,535	14,771	14,886	15,061	15,236	15,411	15,586
90	15,761	15,936	16,112	16,287	16,462	16,637	16,812	16,987	17,162	17,337

Aplicación: Convertir 9,95 libras/pulgada en K Newton/m. 9,95 Lb/pulg = 1,576 + 0,16637 = 1,742 K N/m

Convertir Newton/m en libras/pie. 1 N/m = 0,0685217 libras/pie.

N/m	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Libras por pie									
0	0,00	0,068	0,137	0,206	0,274	0,343	0,411	0,480	0,548	0,617
10	0,685	0,754	0,823	0,891	0,959	1,028	1,096	1,165	1,233	1,302
20	1,370	1,439	1,507	1,576	1,645	1,713	1,782	1,850	1,919	1,987
30	2,056	2,124	2,193	2,261	2,330	2,398	2,467	2,536	2,604	2,672
40	2,741	2,809	2,878	2,946	3,015	3,083	3,152	3,220	3,289	3,358
50	3,426	3,495	3,563	3,632	3,700	3,769	3,837	3,906	3,974	4,043
60	4,111	4,180	4,248	4,317	4,385	4,454	4,522	4,591	4,659	4,728
70	4,796	4,865	4,934	5,002	5,071	5,139	5,208	5,276	5,345	5,413
80	5,482	5,550	5,619	5,687	5,756	5,824	5,893	5,961	6,030	6,098
90	6,167	6,235	6,304	6,372	6,441	6,509	6,578	6,647	6,715	6,784

Convertir libras/pie en Newton/m. 1 Libra/pie = 14,5939057 N/m.

Lb/ft	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,00	14,594	29,188	43,782	58,376	72,969	87,563	102,157	116,751	131,345
10	145,939	160,583	175,127	189,721	204,315	218,909	233,502	248,096	262,690	277,284
20	291,878	306,472	321,066	335,660	350,254	364,848	379,441	394,035	408,629	423,223
30	437,817	452,411	467,005	481,599	496,193	510,787	525,981	539,974	554,568	569,162
40	583,756	598,350	612,944	627,538	642,132	656,725	671,320	685,914	700,507	715,101
50	729,695	744,289	758,883	773,477	788,071	802,665	817,259	831,583	846,446	861,040
60	875,634	890,228	904,822	919,416	934,010	948,604	963,198	977,792	992,386	1006,98
70	1021,57	1036,17	1050,76	1065,35	1079,75	1094,54	1109,14	1123,73	1138,32	1152,92
80	1167,51	1182,11	1196,70	1211,29	1225,89	1240,48	1255,08	1269,67	1284,26	1298,86
90	1313,45	1328,04	1342,64	1357,23	1371,83	1386,42	1401,01	1415,61	1430,20	1444,80

Aplicación: Convertir 99,50 Newton/m en libras/pie. 99,5 Newton/m = 6,784 + 0,0343 = 6,818 lb/pie.

Unidades de presión Conversiones	CONVERSIÓN DE UNIDADES DE PRESIÓN KILOPASCALES-LIBRAS/PULG.². KILOPASCALES-PULGADAS HG	Tabla 17.15

Convertir kilopascales en libras/pulg.². 1 Kp = 0,1450377 libras por pulgada²

Kp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Libras por pulgada²									
0	0,00	0,145	0,290	0,435	0,580	0,725	0,870	1,015	1,160	1,305
10	1,450	1,595	1,740	1,885	2,031	2,176	2,321	2,466	2,611	2,756
20	2,901	3,046	3,191	3,336	3,481	3,626	3,771	3,916	4,061	4,206
30	4,351	4,496	4,641	4,786	4,931	5,076	5,221	5,366	5,511	5,656
40	5,802	5,947	6,092	6,237	6,382	6,527	6,672	6,817	6,962	7,107
50	7,252	7,397	7,542	7,687	7,832	7,977	8,122	8,267	8,412	8,557
60	8,702	8,847	8,892	9,137	9,282	9,427	9,572	9,718	9,863	10,008
70	10,153	10,298	10,443	10,588	10,733	10,878	11,023	11,168	11,313	11,458
80	11,603	11,748	11,893	12,038	12,183	12,328	12,473	12,618	12,763	12,908
90	13,053	13,198	13,343	13,489	13,634	13,779	13,924	14,069	14,214	14,359

Convertir libras por pulgada cuadrada en kilopascales. 1 Lb/pulg.² = 6,89476 kp.

Lb/in²	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Kilopascales									
0	0,00	0,689	1,379	2,068	2,758	3,447	4,137	4,826	5,516	6,205
1	6,895	7,584	8,274	8,963	9,653	10,342	11,032	11,721	12,411	13,100
2	13,789	14,479	14,479	15,858	16,547	17,237	17,926	18,616	19,305	19,995
3	20,684	21,374	21,374	22,753	23,442	24,132	24,821	25,511	26,200	26,890
4	27,579	28,268	28,268	29,647	30,337	31,026	31,716	32,405	33,095	33,784
5	34,478	35,163	35,853	36,542	37,232	37,921	38,611	39,300	39,990	40,679
6	41,368	42,058	42,747	43,437	44,126	44,815	45,505	46,195	46,884	47,574
7	48,263	48,953	49,642	50,332	51,021	51,711	52,400	53,090	53,779	54,469
8	55,158	55,847	56,537	57,226	57,916	58,605	59,295	59,984	60,674	61,363
9	62,053	62,742	63,432	64,121	64,811	65,500	66,190	66,879	67,569	68,258

Aplicación. Convertir 5,3 libras/pulg.² en kilopascales. 5,3 Lb/pulg.² = 34,478 + 2,068 36,546 kilopascales.

Convertir kilopascales en pulgadas de mercurio. 1 Kilopascal = 0,295299 pulg Hg

Kp	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Pulgadas de mercurio									
0	0,00	0,295	0,591	0,886	1,181	1,476	1,772	2,067	2,362	2,658
10	2,953	3,248	3,544	3,839	4,134	4,429	4,725	5,020	5,315	5,611
20	5,906	6,201	6,497	6,792	7,087	7,382	7,678	7,973	8,268	8,564
30	8,859	9,154	9,450	9,745	10,040	10,335	10,631	10,926	11,221	11,517
40	11,812	12,107	12,403	12,698	12,993	13,288	13,584	13,879	14,174	14,470
50	14,765	15,060	15,355	15,651	15,946	16,241	16,537	16,832	17,127	17,423
60	17,718	18,013	18,308	18,604	18,899	19,194	19,490	19,785	20,080	20,376
70	20,671	20,966	21,261	21,557	21,852	22,147	22,443	22,738	23,033	23,329
80	23,624	23,919	24,214	24,510	24,805	25,100	25,396	25,691	25,986	26,282
90	26,577	26,872	27,167	27,463	27,758	28,053	28,349	28,644	28,939	29,235

Convertir pulgadas de mercurio en kilopascales. 1 Pulgada de Hg = 3,3864 Kp.

In Hg	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Kilopascales									
0	0,00	0,339	0,677	1,016	1,355	1,693	2,032	2,370	2,709	3,048
1	3,386	3,725	4,064	4,402	4,741	5,080	5,418	5,757	6,095	6,434
2	6,773	7,111	7,450	7,789	8,127	8,466	8,805	9,143	9,482	9,821
3	10,159	10,498	10,836	11,175	11,514	11,852	12,191	12,530	12,868	13,207
4	13,546	13,884	14,223	14,561	14,900	15,239	15,577	15,916	16,255	16,593
5	16,932	17,271	17,609	17,948	18,287	18,625	18,964	19,302	19,641	19,980
6	20,318	20,657	20,996	21,334	21,673	22,012	22,350	22,689	23,027	23,366
7	23,705	24,043	24,382	24,721	25,059	25,398	25,737	26,075	26,414	26,753
8	27,091	27,430	27,768	28,107	28,446	28,784	29,123	29,462	29,800	30,139
9	30,478	30,816	31,155	31,493	31,832	32,171	32,509	32,848	33,187	33,525

Aplicación: Convertir 12.5 pulgadas Hg en kilopascales. 12,5 Pulg. Hg = 33,86 + 6,773 + 1,693 = 42,326 K pa.

Nota. Para factores de conversión, véase la página 56.

Unidades de presión Conversiones	CONVERSIÓN DE UNIDADES DE PRESIÓN BARES-ATMÓSF. TÉCNICAS. BARES-ATMÓSFERAS FÍSICAS	Tabla 17_2.15

Convertir bares en atmósferas técnicas (kg/cm²). 1 Bar = 1,0197162 At. téc. (Kg/cm²).

Bar	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Atmósferas técnicas (kg/cm²)									
0	0,00	0,1020	0,2039	0,3059	0,4079	0,5099	0,6118	0,7138	0,8158	0,9174
1	1,0197	1,1217	1,2237	1,3256	1,4276	1,5296	1,6315	1,7335	1,8355	1,9375
2	2,0394	2,1414	2,2434	2,3453	2,4473	2,5493	2,6513	2,7532	2,8552	2,9572
3	3,0591	3,1611	3,2631	3,3651	3,4670	3,5690	3,6710	3,7729	3,8749	3,9769
4	4,0789	4,1808	4,2828	4,3848	4,4867	4,5887	4,6907	4,7927	4,8946	4,9966
5	5,0986	5,2005	5,3025	5,4045	5,5065	5,6084	5,7104	5,8124	5,9143	6,0163
6	6,1183	6,2203	6,3222	6,4242	6,5262	6,6281	6,7301	6,8321	6,9341	7,0360
7	7,1380	7,2400	7,3420	7,4439	7,5459	7,6479	7,7498	7,8518	7,9538	8,0558
8	8,1577	8,2597	8,3617	8,4636	8,5656	8,6676	8,7696	8,8715	8,9735	9,0755
9	9,1774	9,2794	9,3814	9,4834	9,5853	9,6873	9,7893	9,8912	9,9932	10,0952

Convertir atmósferas técnicas (kg/cm²) en bares 1 At téc. (kg/cm²) = 0,980665 bares.

At t	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Bares									
0	0,00	0,0981	0,1961	0,2942	0,3927	0,4903	0,5884	0,6867	0,7845	0,8826
1	0,9807	1,0787	1,1768	1,2749	1,3729	1,4710	1,5691	1,6671	1,7652	1,8633
2	1,9613	2,0594	2,1575	2,2555	2,3536	2,4517	2,5497	2,6478	2,7459	2,8439
3	2,9420	3,0401	3,1381	3,2369	3,3343	3,4323	3,5304	3,6285	3,7265	3,8246
4	3,9227	4,0207	4,1188	4,2169	4,3149	4,4130	4,5111	4,6091	4,7072	4,8053
5	4,9033	5,0014	5,0995	5,1975	5,2956	5,3937	5,4917	5,5898	5,6879	5,7859
6	5,8840	5,9821	6,0801	6,1782	6,2763	6,3743	6,4724	6,5705	6,6685	6,7666
7	6,8647	6,9627	7,0608	7,1589	7,2569	7,3550	7,4530	7,5511	7,6492	7,7472
8	7,8453	7,9434	8,0414	8,1395	8,2376	8,3356	8,4337	8,5318	8,6298	8,7279
9	8,8260	8,9240	9,0221	9,1202	9,2182	9,3163	9,4144	9,5124	9,6105	9,7086

Aplicación. Convertir 30,52 bares en atm. técnicas. 30,52 Bares 30,591 + 0,53025 = 31,121 atm. técn.

Convertir bares en atmósferas físicas. 1 Bar = 0,986923 atm. físicas.

Bar	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Atmósferas físicas									
0	0,00	0,0987	0,1974	0,2961	0,3948	0,4935	0,5921	0,6906	0,7895	0,8882
1	0,9869	1,0856	1,1843	1,2830	1,3817	1,4804	1,5791	1,6778	1,7765	1,8751
2	1,9738	2,0725	2,1712	2,2699	2,3686	2,4673	2,5660	2,6647	2,7634	2,8621
3	2,9608	3,0595	3,1581	3,2568	3,3555	3,4542	3,5529	3,6516	3,7503	3,8490
4	3,9477	4,0464	4,1451	4,2438	4,3425	4,4411	4,5398	4,6385	4,7372	4,8359
5	4,9346	5,0333	5,1320	5,2307	5,3294	5,4281	5,5268	5,6255	5,7241	5,8228
6	5,9215	6,0202	6,1189	6,2176	6,3163	6,4150	6,5137	6,6124	6,7111	6,8098
7	6,9085	7,0071	7,1058	7,2045	7,3032	7,4019	7,5006	7,5993	7,6980	7,7967
8	7,8954	7,9941	8,0928	8,1915	8,2901	8,3888	8,4875	8,5862	8,6849	8,7836
9	8,8823	8,9810	9,0797	9,1784	9,2771	9,3758	9,4745	9,5731	9,6718	9,7705

Convertir atmósferas físicas en bares. 1 Atmósfera física = 1,01325014 bares.

At f	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Bares									
0	0,00	0,1013	0,2026	0,3040	0,4053	0,5066	0,6079	0,7093	0,8106	0,9119
1	1,0132	1,1146	1,2159	1,3172	1,4185	1,5199	1,6212	1,7225	1,8238	1,9252
2	2,0265	2,1278	2,2291	2,3305	2,4318	2,5331	2,6344	2,7358	2,8371	2,9384
3	3,0397	3,1411	3,2424	3,3437	3,4450	3,5464	3,6477	3,7490	3,8503	3,9517
4	4,0530	4,1543	4,2556	4,3570	4,4583	4,5596	4,6609	4,7623	4,8636	4,9649
5	5,0662	5,1676	5,2689	5,3702	5,4715	5,5729	5,6742	5,7755	5,8768	5,9782
6	6,0795	6,1808	6,2821	6,3835	6,4848	6,5861	6,6874	6,7888	6,8901	6,9914
7	7,0927	7,1941	7,2954	7,3967	7,4981	7,5994	7,7007	7,8020	7,9034	8,0047
8	8,1060	8,2073	8,3087	8,4010	8,5113	8,6126	8,7140	8,8153	8,9166	9,0179
9	9,1193	9,2206	9,3219	9,4232	9,5246	9,6259	9,7272	9,8285	9,9299	10,0312

Aplicación Convertir 9,68 atm físicas en bares. 9,68 Atm. físicas 9,1193 + 0,68901 = 9,808 bares.

Unidades de presión Conversiones	**CONVERSIÓN DE UNIDADES DE PRESIÓN BARES-KILOTORR. BARES-LIBRAS POR PULGADA**	Tabla 17_3.15

Convertir bares en kilotorr. 1 Bar = 0,7500615 kilotorr.

Bar	*0,0*	*0,1*	*0,2*	*0,3*	*0,4*	*0,5*	*0,6*	*0,7*	*0,8*	*0,9*
	Kilotorr									
0	0,00	0,0750	0,1500	0,2250	0,3000	0,3750	0,4500	0,5250	0,6000	0,675
1	0,7500	0,8250	0,9000	0,9750	1,0500	1,1250	1,2001	1,2751	1,3501	1,425
2	1,5001	1,5751	1,6501	1,7251	1,8001	1,8751	1,9501	2,0251	2,1001	2,175
3	2,2501	2,3251	2,4002	2,4752	2,5502	2,6252	2,7002	2,7752	2,8502	2,925
4	3,0002	3,0752	3,1502	3,2252	3,3002	3,3752	3,4502	3,5252	3,6003	3,675
5	3,7503	3,8253	3,9003	3,9753	4,0503	4,1253	4,2003	4,2753	4,3503	4,425
6	4,5003	4,5753	4,6503	4,7253	4,8004	4,8754	4,9504	5,0254	5,1004	5,175
7	5,2504	5,3254	5,4004	5,4754	5,5504	5,6254	5,7004	5,7754	5,8504	5,925
8	6,0005	6,0755	6,1505	6,2255	6,3005	6,3755	6,4505	6,5255	6,6005	6,675
9	6,7505	6,8255	6,9005	6,9755	7,0505	7,1255	7,2006	7,2756	7,3506	7,425

Convertir kilotorr en bares. 1 Kilotorr = 1,333223 bares.

Ktorr	*0,0*	*0,1*	*0,2*	*0,3*	*0,4*	*0,5*	*0,6*	*0,7*	*0,8*	*0,9*
	Bares									
0	0,00	0,1333	0,2666	0,400	0,5333	0,6666	0,7999	0,9332	1,0666	1,1999
1	1,3332	1,4665	1,5999	1,7332	1,8665	1,9998	2,1332	2,2664	2,3998	2,5331
2	2,6664	2,7998	2,9331	3,0664	3,1997	3,3331	3,4664	3,5997	3,7330	3,8663
3	3,9997	4,1330	4,2663	4,3996	4,5330	4,6663	4,7996	4,9329	5,0662	5,1996
4	5,3329	5,4662	5,5995	5,7329	5,8662	5,9995	6,1328	6,2661	6,3995	6,5328
5	6,6661	6,7994	6,9328	7,0661	7,1994	7,3327	7,4660	7,5994	7,7327	7,8660
6	7,9993	8,1327	8,2660	8,3993	8,5326	8,6660	8,7993	8,9326	9,0659	9,1992
7	9,3326	9,4659	9,5992	9,7325	9,8658	9,9992	10,132	10,266	10,399	10,532
8	10,666	10,799	10,932	11,066	11,199	11,332	11,466	11,599	11,732	11,866
9	11,999	12,132	12,266	12,399	12,532	12,666	12,799	12,932	13,066	13,199

Aplicación: Convertir 13,565 kilotorr en bares 13,565 Kilotor = 17,332 + 0,7466 + 0,00066 = 18,0793 bares

Convertir bares en libras por pulgada^2. 1 Bar = 14,503771 libras/pulgada

Bar	*0,0*	*0,1*	*0,2*	*0,3*	*0,4*	*0,5*	*0,6*	*0,7*	*0,8*	*0,9*
	Libras por pulgada^2									
0	0,00	1,450	2,901	4,351	5,801	7,252	8,702	10,153	11,603	13,053
1	14,504	15,954	17,404	18,855	20,305	21,756	23,206	24,656	26,107	27,557
2	29,007	30,458	31,908	33,359	34,809	36,259	37,710	39,160	40,611	42,061
3	43,511	44,962	46,412	47,862	49,313	50,763	52,214	53,664	55,114	56,565
4	58,015	59,465	60,916	62,366	63,817	65,267	66,717	68,168	69,618	71,068
5	72,519	73,969	75,420	76,870	78,320	79,771	81,221	82,671	84,122	85,572
6	87,023	88,473	89,923	91,374	92,824	94,274	95,725	97,175	98,626	100,08
7	101,53	102,98	104,43	105,88	107,33	108,78	110,23	111,68	113,13	114,58
8	116,03	117,48	118,93	120,38	121,83	123,28	124,73	126,18	127,63	129,08
9	130,53	131,98	133,43	134,88	136,33	137,79	139,24	140,69	142,14	143,59

Convertir libras por pulgada cuadrada en bares. 1 Lb/pulg.^{2} = 0,0689476 bares.

L/in^2	*0*	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
	Bares									
0	0,00	0,0689	0,1379	0,2068	0,2758	0,3447	0,4137	0,4826	0,5516	0,6205
10	0,6895	0,7584	0,8274	0,8963	0,9653	1,0342	1,1032	1,1721	1,2411	1,3100
20	1,3789	1,4479	1,5168	1,5858	1,6547	1,7237	1,7926	1,8616	1,9305	1,9995
30	2,0684	2,1374	2,2063	2,2753	2,3442	2,4132	2,4821	2,5571	2,6200	2,6890
40	2,7579	2,8268	2,8958	2,9647	3,0337	3,1026	3,1716	3,2405	3,3095	3,3784
50	3,4474	3,5163	3,5853	3,6542	3,7232	3,7921	3,8611	3,9300	3,9990	4,0679
60	4,1368	4,2058	4,2747	4,3437	4,4126	4,4816	4,5505	4,6195	4,6884	4,7574
70	4,8263	4,8953	4,9642	5,0332	5,1021	5,1711	5,2400	5,3090	5,3779	5,4469
80	5,5158	5,5847	5,6537	5,7226	5,7916	5,8605	5,9295	5,9984	6,0674	6,1363
90	6,2053	6,2742	6,3432	6,4121	6,4811	6,5500	6,6190	6,6879	6,7569	6,8258

Aplicación: Convertir 50,75 libras/pulgada^2 en bares. 50,75 Lb/pulg.^{2} = 3,4474 + 0,051711 = 3,4991 bares

Unidades de presión Conversiones	**CONVERSIÓN DE UNIDADES DE PRESIÓN ATMÓSF. TÉCNICAS-KILOTORR. ATM. TÉC.-ATM. FÍSICAS**	Tabla 17_4.15

Convertir atmósferas técnicas (kg/cm²) en kilotorr. 1 Atm. téc. (kg/cm²) · 0,735559 ktorr.

Atm t	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Kilotorr									
0	0,00	0,0736	0,1471	0,2207	0,2942	0,3678	0,4413	0,5149	0,5884	0,6620
1	0,7356	0,8091	0,8827	0,9562	1,0298	1,1033	1,1769	1,2504	1,3240	1,3976
2	1,4711	1,5447	1,6182	1,6918	1,7653	1,8389	1,9124	1,9860	2,0595	2,1331
3	2,2069	2,2802	2,3538	2,4273	2,5009	2,5745	2,6480	2,7216	2,7951	2,8687
4	2,9422	3,0158	2,0893	3,1629	3,2365	3,3100	3,3836	3,4571	3,5307	3,6042
5	3,6778	3,7513	3,8249	3,8985	3,9720	4,0456	4,1191	4,1927	4,2662	4,3398
6	4,4133	4,4869	4,5605	4,6340	4,7076	4,7811	4,8547	4,9282	5,0018	5,0754
7	5,1489	5,2225	5,2960	5,3696	5,4431	5,5167	5,5902	5,6638	5,7374	5,8109
8	5,8844	5,9580	6,0316	6,1051	6,1787	6,2522	6,3258	6,3994	6,4729	6,5465
9	6,6200	6,6936	6,7671	6,8407	6,9143	6,9878	7,0614	7,1349	7,2085	7,2820

Convertir kilotorr en atmósferas técnicas (kg/cm²). 1 Kilotorr = 1,35951 atm. técn. (kg/cm²).

Ktorr	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Atmósferas técnicas (kg/cm²)									
0	0,00	0,136	0,272	0,408	0,544	0,680	0,816	0,952	1,088	1,224
1	1,359	1,495	1,631	1,767	1,903	2,039	2,175	2,311	2,447	2,583
2	2,719	2,855	2,991	3,127	3,263	3,399	3,535	3,671	3,807	3,943
3	4,079	4,214	4,350	4,486	4,623	4,758	4,894	5,030	5,166	5,302
4	5,438	5,574	5,710	5,846	5,982	6,118	6,254	6,390	6,526	6,662
5	6,798	6,935	7,069	7,205	7,341	7,477	7,613	7,749	7,885	8,021
6	8,157	8,293	8,429	8,565	8,701	8,837	8,973	9,109	9,245	9,381
7	9,517	9,653	9,788	9,924	10,060	10,196	10,332	10,468	10,604	10,740
8	10,876	11,012	11,148	11,284	11,420	11,556	11,692	11,828	11,964	12,100
9	12,236	12,371	12,507	12,643	12,779	12,915	13,051	13,187	13,323	13,459

Aplicación: Convertir 8,724 Atm. téc. (kg/cm²) en kilotorr. 8,724 Atm. téc. = 5,8844 + 0,5296 + 0,0002942 6,414 ktor.

Convertir atmósferas técnicas (kg/cm²) en atm. físicas. 1 Atm. téc. (kg/cm²) = 0,967841 atm. f.

At t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Atmósferas físicas									
0	0,00	0,967	1,936	2,904	3,871	4,839	5,807	6,775	7,743	8,711
10	9,6784	10,646	11,614	12,582	13,549	14,518	15,485	16,453	17,421	18,389
20	19,356	20,325	21,292	22,260	23,228	24,196	25,164	26,132	27,099	28,067
30	29,035	30,003	30,971	31,939	32,907	33,874	34,842	35,810	36,778	37,746
40	38,714	39,681	40,649	41,617	42,585	43,553	44,521	45,488	46,456	47,424
50	48,392	49,360	50,328	51,296	52,263	53,231	54,199	55,167	56,135	57,103
60	58,070	59,038	60,006	60,974	61,942	62,910	63,877	64,845	65,813	66,781
70	67,749	68,717	69,685	70,652	71,620	72,588	73,556	74,524	75,492	76,459
80	77,427	78,395	79,363	80,331	81,299	82,266	83,234	84,202	85,170	86,138
90	87,106	88,073	89,041	90,009	90,977	91,945	92,913	93,881	94,848	95,816

Convertir atmósferas físicas en atmósferas técnicas (kg/cm²). 1 Atm. fís. = 1,0332276 at. t. (kg/cm²).

At f	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Atmósferas técnicas (kg/cm²)									
0	0,00	1,0332	, 2,066	3,100	4,133	5,166	6,199	7,232	8,266	9,299
10	10,332	11,365	12,399	13,432	14,465	15,498	16,532	17,565	18,598	19,631
20	20,665	21,698	22,731	23,764	24,797	25,831	26,864	27,897	28,930	29,964
30	30,997	32,030	33,063	34,096	35,130	36,163	37,196	38,229	39,263	40,296
40	41,329	42,362	43,396	44,429	45,462	46,495	47,528	48,562	49,595	50,628
50	51,661	52,695	53,728	54,761	55,794	56,827	57,861	58,894	59,927	60,960
60	61,994	63,027	64,060	65,093	66,126	67,160	68,193	69,226	70,260	71,293
70	72,326	73,359	74,392	75,426	76,459	77,492	78,525	79,559	80,592	81,625
80	82,658	83,691	84,725	85,758	86,791	87,824	88,858	89,891	90,924	91,957
90	92,990	94,024	95,057	96,090	97,123	98,157	99,190	100,223	101,256	102,289

Aplicación: Convertir 8,724 atm. técnicas en at. físicas. 8,724 Atm. téc. = 7,7427 + 0,69685 + 0,00387 = 8,4434 at. fís.

Unidades de presión Conversiones	**CONVERSIÓN DE UNIDADES DE PRESIÓN** **KILOTORR-LIBRAS/PULGADA². TORR-PULGADAS MERCURIO**	Tabla 17_6.15

Convertir kilotorr en libras por pulgada cuadrada. 1 Kilotorr = 19,33677 libras/pulgada²

Ktorr	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Libras por pulgada cuadrada									
0	0,00	1,934	3,867	5,801	7,735	9,668	11,602	13,536	15,469	17,403
1	19,338	21,270	23,204	25,138	27,071	29,005	30,939	32,872	34,806	36,740
2	38,673	47,601	42,541	44,474	46,408	48,342	50,275	52,209	54,143	56,076
3	58,010	59,944	61,877	63,811	65,745	67,678	69,612	71,546	73,479	75,413
4	77,347	79,280	81,214	83,148	85,081	87,015	88,949	90,882	92,816	94,750
5	96,683	98,617	100,55	102,48	104,42	106,35	108,29	110,22	112,15	114,09
6	116,02	117,95	119,89	121,82	123,75	125,69	127,62	129,56	131,49	133,42
7	135,36	137,29	139,22	141,16	143,09	145,02	146,99	148,89	150,83	152,76
8	154,69	156,63	158,56	160,49	162,43	164,36	166,30	168,23	170,16	172,10
9	174,03	175,96	177,90	179,83	181,76	183,70	185,63	187,57	189,50	191,43

Convertir libras por pulgada cuadrada en torr. 1 Libra/pulgada² = 51,714937 torr (mm Hg).

L/in²	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Torr									
0	0,00	5,172	10,343	15,514	20,686	25,858	31,029	36,201	41,372	46,543
1	51,715	56,887	62,058	67,229	72,401	77,572	82,744	87,915	93,087	98,258
2	103,43	108,60	113,77	118,94	124,11	129,29	139,63	139,63	144,80	149,97
3	155,14	160,32	165,49	170,66	175,83	181,00	191,35	191,35	196,52	201,69
4	206,86	212,03	217,20	222,37	227,54	232,72	243,06	243,06	248,23	250,40
5	258,58	263,75	268,92	274,09	279,26	284,43	289,60	294,78	299,95	305,12
6	310,29	315,46	320,63	325,80	330,98	336,15	346,49	346,49	351,66	356,83
7	362,01	367,18	372,35	377,52	382,69	387,86	398,21	398,21	403,38	408,55
8	413,72	418,89	424,06	429,23	434,41	439,58	449,92	449,92	455,09	460,26
9	465,43	470,61	475,78	480,95	486,12	491,29	501,64	501,64	506,81	511,98

Aplicación: Convertir 5,27 libras/pulgada² en torr. 5,27 Lb/pulg.² = 258,58 + 13,963 = 272,543 torr

Convertir torr en pulgadas de mercurio. 1 Torr = 0,03937 pulgadas de mercurio

Torr	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Pulgadas de mercurio									
0	0,00	0,039	0,079	0,118	0,157	0,197	0,236	0,276	0,315	0,354
10	0,394	0,433	0,472	0,512	0,551	0,590	0,630	0,669	0,709	0,748
20	0,787	0,827	0,866	0,905	0,945	0,984	1,024	1,063	1,102	1,142
30	1,181	1,220	1,260	1,299	1,339	1,378	1,417	1,457	1,496	1,535
40	1,575	1,614	1,653	1,693	1,732	1,772	1,811	1,850	1,890	1,929
50	1,968	2,008	2,047	2,087	2,126	2,165	2,205	2,244	2,283	2,323
60	2,362	2,402	2,441	2,480	2,520	2,559	2,598	2,638	2,677	2,716
70	2,756	2,795	2,835	2,874	2,913	2,953	2,992	3,031	3,071	3,110
80	3,150	3,189	3,228	3,268	3,307	3,346	3,386	3,425	3,465	3,504
90	3,543	3,583	3,622	3,661	3,701	3,740	3,779	3,819	3,858	3,898

Convertir pulgadas de mercurio en torr. 1 Pulgada de mercurio = 25,4 torr.

In Hg	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Torr									
0	0,00	2,54	5,08	7,62	10,16	12,70	15,24	17,78	20,32	22,86
1	25,40	27,94	30,48	33,02	35,56	38,10	40,64	43,18	45,72	48,26
2	50,80	53,34	55,88	58,42	60,96	63,50	66,04	68,58	71,12	73,66
3	76,20	78,74	81,28	83,82	86,36	88,90	91,44	93,98	96,52	99,06
4	101,60	104,14	106,68	109,22	111,76	114,30	116,84	119,38	121,92	124,46
5	127,00	129,54	132,08	134,62	137,16	139,70	142,24	144,78	147,32	149,86
6	152,40	154,94	157,48	160,02	162,56	165,10	167,64	170,18	172,72	175,26
7	177,80	180,34	182,88	185,42	187,96	190,50	193,04	195,58	198,12	200,66
8	203,20	205,74	208,28	210,82	213,36	215,90	218,44	220,98	223,52	226,06
9	228,60	231,14	233,68	236,22	238,76	241,30	243,84	246,38	248,92	251,46

Aplicación: Convertir 5,27 pulgadas de mercurio en torr. 5,27 Pulg. Hg = 127,0 + 6,858 = 133,858 torr

Unidades de presión Conversiones	CONVERSIÓN DE UNIDADES DE PRESIÓN ATMÓSFERAS FÍSICAS-LIBRAS/PULG.². ATMÓSFERAS FÍSICAS-PULG. HG.	Tabla 17_a.15

Convertir atmósferas físicas en libras por pulgada². 1 Atm. física = 14,6959489 lb/pulg.².

At. fís.	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Libras por pulgada cuadrada									
0	0,00	1,4696	2,939	4,4088	5,8784	7,3480	8,8176	10,287	11,757	13,226
1	14,696	16,166	17,635	19,105	20,574	22,044	23,514	24,983	26,453	27,922
2	29,392	30,861	32,331	33,801	35,270	36,740	38,209	39,679	41,149	42,618
3	44,088	45,557	47,027	48,497	49,966	51,436	52,905	54,375	55,845	57,314
4	58,784	60,253	61,723	63,198	64,662	66,132	67,601	69,071	70,541	72,010
5	73,480	74,949	76,419	77,889	79,358	80,828	82,297	83,767	85,236	86,706
6	88,176	89,645	91,115	92,584	94,054	95,524	96,993	98,463	99,932	101,40
7	102,87	104,34	105,81	107,28	108,75	110,22	111,69	113,16	114,63	116,10
8	117,57	119,04	120,51	121,98	123,45	124,92	126,39	127,85	129,32	130,79
9	132,26	133,73	135,20	136,67	138,14	139,61	141,08	142,55	144,02	145,49

Convertir libras por pulgada² en atmósferas físicas. 1 Libra/pulg.² = 0,068046 atm. físicas.

Lb/p.²	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Atmósferas físicas									
0	0,00	0,068	0,136	0,204	0,272	0,340	0,408	0,476	0,544	0,612
10	0,680	0,748	0,817	0,885	0,953	1,021	1,089	1,157	1,225	1,293
20	1,361	1,429	1,497	1,565	1,633	1,701	1,769	1,837	1,905	1,973
30	2,041	2,109	2,177	2,246	2,314	2,382	2,450	2,518	2,586	2,654
40	2,722	2,780	2,858	2,926	2,994	3,062	3,130	3,198	3,266	3,334
50	3,402	3,470	3,538	3,606	3,674	3,743	3,811	3,879	3,947	4,015
60	4,083	4,151	4,219	4,287	4,355	4,423	4,491	4,559	4,627	4,695
70	4,763	4,831	4,899	4,967	5,035	5,103	5,171	5,240	5,308	5,376
80	5,444	5,512	5,580	5,648	5,716	5,784	5,852	5,920	5,988	6,056
90	6,124	6,192	6,260	6,328	6,396	6,464	6,532	6,600	6,668	6,737

Aplicación. Convertir 3,85 at. físicas en libras/pulgada². 3,85 At. fís. = 44,088 + 12,492 = 56,58 libras/pulg.²

Convertir atmósferas físicas en pulg. de mercurio. 1 Atm. física = 29,92126 pulgadas Hg.

At. fís.	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	Pulgadas de mercurio									
0	0,00	2,992	5,984	8,976	11,968	14,961	17,953	20,945	23,937	26,929
1	29,921	32,913	35,905	38,898	41,890	44,882	47,874	50,866	53,858	56,850
2	59,842	62,835	65,827	68,819	71,811	74,803	77,795	80,787	83,779	86,772
3	89,764	92,756	95,748	98,740	101,732	104,724	107,716	110,709	113,701	116,699
4	119,685	122,677	125,669	128,661	131,653	134,646	137,638	140,630	143,622	146,614
5	149,606	152,598	155,590	158,583	161,575	164,567	167,559	170,551	173,543	176,535
6	179,528	182,220	185,519	188,504	191,496	194,488	197,480	200,472	203,465	206,457
7	209,449	212,441	215,433	218,425	221,417	224,409	227,402	230,394	233,386	236,378
8	239,370	242,362	245,354	248,346	251,339	254,331	257,323	260,315	263,307	266,299
9	269,291	272,283	275,276	278,268	281,260	284,252	287,244	290,236	293,228	296,220

Convertir pulgadas de mercurio en atmósferas físicas. 1 Pulg. Hg = 0,0334211 atm. físicas.

P. Hg	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Atmósferas físicas									
0	0,00	0,033	0,067	0,100	0,134	0,167	0,200	0,234	0,267	0,301
10	0,334	0,368	0,401	0,434	0,468	0,501	0,535	0,568	0,602	0,635
20	0,668	0,702	0,735	0,769	0,802	0,835	0,869	0,902	0,936	0,969
30	1,003	1,036	1,069	1,103	1,136	1,170	1,203	1,237	1,270	1,303
40	1,337	1,370	1,404	1,437	1,470	1,504	1,537	1,571	1,604	1,638
50	1,671	1,704	1,738	1,771	1,805	1,838	1,872	1,905	1,938	1,972
60	2,005	2,039	2,072	2,105	2,139	2,172	2,206	2,239	2,273	2,306
70	2,339	2,373	2,406	2,440	2,473	2,507	2,540	2,573	2,607	2,640
80	2,674	2,707	2,740	2,774	2,807	2,841	2,874	2,908	2,941	2,974
90	3,008	3,041	3,075	3,108	3,142	3,175	3,208	3,242	3,275	3,309

Aplicación: Convertir 38,5 pulg. de Hg en at. físicas. 38,5 Pulg. Hg = 1,27 + 0,0167 = 1,2867 at. físicas

CONVERSIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA VATIOS-KILOGRÁMETROS/SEGUNDO. KGM/SEG.-PIES LB/SEG.

Tabla 18₁.15

Convertir vatios en kilográmetros por segundo. 1 Vatio = 0,101988 kilográmetros/seg

Vatios	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilográmetros/seg.									
0	0,00	0,102	0,204	0,306	0,408	0,510	0,612	0,714	0,816	0,918
10	1,020	1,122	1,224	1,326	1,428	1,530	1,632	1,734	1,836	1,938
20	2,040	2,142	2,244	2,346	2,448	2,550	2,652	2,754	2,856	2,958
30	3,060	3,162	3,264	3,366	3,468	3,570	3,672	3,774	3,875	3,977
40	4,079	4,181	4,283	4,385	4,487	4,589	4,691	4,793	4,895	4,997
50	5,099	5,201	5,303	5,405	5,507	5,609	5,711	5,813	5,915	6,017
60	6,119	6,221	6,323	6,425	6,527	6,629	6,731	6,833	6,935	7,037
70	7,139	7,241	7,343	7,445	7,547	7,649	7,751	7,853	7,955	8,057
80	8,159	8,261	8,363	8,465	8,567	8,669	8,771	8,873	8,975	9,077
90	9,179	9,281	9,383	9,485	9,587	9,689	9,791	9,893	9,995	10,097

Convertir kilográmetros por segundo en vatios. 1 Kilográmetro/seg. = 9,80503 vatios.

Kgm/s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Vatios									
0	0,00	9,805	19,610	29,415	39,220	49,025	58,830	68,635	78,440	88,245
10	98,050	107,855	117,660	127,465	137,270	147,075	156,880	166,685	176,490	186,296
20	196,100	205,906	215,711	225,516	235,321	245,126	254,931	264,736	274,541	284,346
30	294,151	303,956	313,761	323,566	333,371	343,176	352,981	362,786	372,591	382,396
40	392,201	402,006	411,811	421,616	431,421	441,226	451,031	460,836	470,641	480,446
50	490,251	500,056	509,861	519,667	529,472	539,277	549,082	558,887	568,692	578,497
60	588,302	598,107	607,912	617,717	627,522	637,327	647,132	656,937	666,742	676,547
70	686,352	696,157	705,962	715,767	725,572	735,377	745,182	754,987	764,792	774,597
80	784,402	794,207	804,012	813,817	823,622	833,427	843,232	853,038	862,843	872,648
90	882,453	892,258	902,063	911,868	921,673	931,478	941,283	951,088	960,893	970,698

Aplicación: Convertir 375 kilográmetros en vatios. 375 Kilográmetros = 3627,86 + 49,025 = 3676,885 vatios.

Convertir kilográmetros/seg. en pies libras/seg. 1 Kgm/seg. = 7,233013 pies libras/seg.

Kgm/s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Pies libras por segundo									
0	0,00	7,233	14,466	21,699	28,932	36,165	43,398	50,631	57,864	65,097
10	72,330	79,563	86,796	94,029	101,262	108,495	115,728	122,961	130,194	137,427
20	144,660	151,893	159,126	166,359	173,592	180,825	188,058	195,291	202,524	209,757
30	216,990	224,223	231,456	238,689	245,922	253,155	260,388	267,621	274,854	282,087
40	289,320	296,553	303,786	311,019	318,252	325,485	332,718	339,951	347,184	354,417
50	361,651	368,884	476,112	383,350	390,583	397,816	405,049	412,282	419,515	426,748
60	433,981	441,214	448,442	455,680	462,913	470,146	477,379	484,612	491,845	499,078
70	506,311	513,544	520,772	528,010	535,243	542,476	549,709	556,942	564,175	571,408
80	578,641	585,874	593,102	600,340	607,573	614,806	622,039	629,272	636,505	643,738
90	650,971	658,204	665,432	672,670	679,903	687,136	694,369	701,602	708,835	716,068

Convertir pies libras/seg. en kilográmetros/seg. 1 Pie libra/seg = 0,138255 kgm./seg.

Ft lb/s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilográmetros por segundo									
0	0,00	0,138	0,277	0,415	0,553	0,691	0,830	0,968	1,106	1,244
10	1,383	1,521	1,659	1,797	1,936	2,074	2,212	2,350	2,489	2,627
20	2,765	2,903	3,042	3,180	3,318	3,456	3,595	3,733	3,871	4,009
30	4,148	4,286	4,424	4,562	4,701	4,839	4,977	5,115	5,254	5,392
40	5,530	5,668	5,807	5,945	6,083	6,221	6,360	6,498	6,636	6,774
50	6,913	7,051	7,189	7,328	7,466	7,604	7,742	7,881	8,019	8,157
60	8,295	8,434	8,572	8,710	8,848	8,987	9,125	9,263	9,401	9,540
70	9,678	9,816	9,954	10,093	10,231	10,369	10,507	10,646	10,784	10,922
80	11,060	11,199	11,337	11,475	11,613	11,752	11,890	12,028	12,166	12,305
90	12,443	12,581	12,719	12,858	12,996	13,134	13,272	13,411	13,549	13,687

Aplicación. Convertir 3060 pies libras/sg. en kgm. 3060 Pie lb/seg. = 414,8 + 8,295 = 423,095 kgm.

Nota. Para factores de conversión, véase la página 61.

Unidades de potencia Conversiones	CONVERSIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA KILOVATIOS-KILOCALORÍAS. VATIOS-PIE LIBRA/SEGUNDO	Tabla 18_2.15

Convertir kilovatios en kilocalorías. 1 Kilovatio = 0,238889 kilocalorías.

Kw	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilocalorías									
0	0,00	0,239	0,478	0,717	0,956	1,194	1,433	1,672	1,911	2,150
10	2,389	2,628	2,867	3,106	3,344	3,583	3,822	4,061	4,300	4,539
20	4,778	5,017	5,256	5,494	5,733	5,972	6,211	6,450	6,689	6,923
30	7,167	7,406	7,644	7,883	8,122	8,361	8,600	8,839	9,078	9,317
40	9,556	9,794	10,033	10,272	10,511	10,750	10,989	11,228	11,467	11,706
50	11,944	12,183	12,422	12,661	12,900	13,139	13,378	13,617	13,856	14,094
60	14,333	14,572	14,811	15,050	15,289	15,528	15,767	16,006	16,244	16,483
70	16,722	16,961	17,200	17,439	17,678	17,917	18,156	18,394	18,633	18,872
80	19,111	19,350	19,589	19,828	20,067	20,306	20,544	20,783	21,022	21,261
90	21,500	21,739	21,978	22,217	22,456	22,694	22,933	23,172	23,411	23,650

Convertir kilocalorías en kilovatios. 1 Kilocaloría = 4,18604 kilovatios.

Kcal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilovatios									
0	0,00	4,186	8,372	12,558	16,744	20,930	25,116	29,302	33,488	37,674
10	41,860	46,047	50,233	54,419	58,605	62,791	66,977	71,163	75,349	79,535
20	83,721	87,907	92,093	96,279	100,465	104,651	108,837	113,023	117,209	121,395
30	125,582	129,768	133,954	138,140	142,326	146,512	150,698	154,884	159,070	163,256
40	167,442	171,628	175,814	180,000	184,186	188,372	192,558	196,744	200,930	205,116
50	209,302	213,489	217,675	221,861	226,047	230,233	234,419	238,605	242,791	246,977
60	251,163	255,349	259,535	263,721	267,907	272,093	276,279	280,465	284,651	288,837
70	293,024	297,210	301,396	305,582	309,768	313,954	318,140	322,326	326,512	330,698
80	334,884	339,070	343,256	347,442	351,628	355,814	360,000	364,186	368,372	372,558
90	376,744	380,930	385,116	389,302	393,488	397,674	401,860	406,046	410,232	414,418

Aplicación. Convertir 85,56 kilocalorías en kilovatios. 85,56 Kcal = 355,814 + 2,34419   358,158 kw

Convertir vatios en pie libra/seg. 1 Vatio   0,73768 pie libra/seg.

V	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Pies libras por segundo									
0	0,00	0,738	1,475	2,213	2,951	3,688	4,426	5,164	5,901	6,639
10	7,377	8,115	8,852	9,590	10,328	11,065	11,803	12,541	13,278	14,016
20	14,754	15,491	16,229	16,967	17,704	18,442	19,180	19,917	20,655	21,393
30	22,130	22,868	23,606	24,344	25,081	25,819	26,557	27,294	28,032	28,770
40	29,507	30,245	30,983	31,720	32,458	33,196	33,933	34,671	35,409	36,146
50	36,884	37,622	38,359	39,097	39,835	40,573	41,310	42,048	42,786	43,523
60	44,261	44,999	45,736	46,474	47,212	47,949	48,687	49,425	50,162	50,900
70	51,638	52,375	53,113	53,851	54,588	55,326	56,064	56,802	57,539	58,277
80	59,015	59,752	60,490	61,228	61,965	62,703	63,441	64,178	64,916	65,654
90	66,391	67,129	67,867	68,604	69,342	70,080	70,817	71,555	72,293	73,030

Convertir pies libras por segundo en vatios. 1 Pie libra/s = 1,355598 vatios.

P lb/s	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Vatios									
0	0,00	1,356	2,711	4,067	5,422	6,778	8,134	9,489	10,845	12,200
10	13,556	14,912	16,267	17,623	18,978	20,334	21,690	23,045	24,401	25,756
20	27,112	28,468	29,823	31,179	32,534	33,890	35,246	36,601	37,957	39,312
30	40,668	42,024	43,379	44,735	46,090	47,446	48,801	50,157	51,513	52,868
40	54,224	55,579	56,935	58,291	59,646	61,002	62,357	63,713	65,069	66,424
50	67,780	69,135	70,491	71,847	73,202	74,558	75,913	77,269	78,625	79,980
60	81,336	82,691	84,047	85,403	86,758	88,114	89,469	90,825	92,181	93,536
70	94,892	96,247	97,603	98,959	100,314	101,670	103,025	104,381	105,737	107,092
80	108,448	109,803	111,159	112,515	113,870	115,226	116,581	117,937	119,293	120,648
90	122,004	123,359	124,715	126,071	127,426	128,782	130,137	131,493	132,849	134,204

Aplicación. Convertir 87,56 pies libras/seg. en vatios. 87,56 Pies lb/s = 117,937 + 0,75913 = 118,696 vatios.

CONVERSIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA KILOVATIOS-HORSE POWER. KILOVATIOS-BRITISH THERMAL UNIT (B.T.U.)

Convertir kilovatios en horse power. 1 Kilovatio = 1,34124 horse power

Kw	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Horse power									
0	0,00	1,341	2,682	4,024	5,365	6,706	8,047	9,389	10,730	12,071
10	13,412	14,754	16,095	17,436	18,777	20,119	21,460	22,801	24,142	25,483
20	26,825	28,166	29,507	30,848	32,190	33,531	34,872	36,213	37,555	38,896
30	40,237	41,578	42,920	44,261	45,602	46,943	48,285	49,626	50,967	52,308
40	53,649	54,991	56,332	57,673	59,014	60,356	61,697	63,038	64,379	65,721
50	67,062	68,403	69,744	71,086	72,427	73,768	75,109	76,450	77,792	79,133
60	80,474	81,815	83,157	84,498	85,839	87,180	88,522	89,863	91,204	92,545
70	93,887	95,228	96,569	97,910	99,252	100,593	101,934	103,275	104,616	105,958
80	107,299	108,640	109,981	111,323	112,664	114,005	115,346	116,688	118,029	119,370
90	120,711	122,052	123,394	124,735	126,076	127,418	128,759	130,100	131,441	132,783

Convertir horse power en kiovatios. 1 Horse power = 0,74582 kilovatios.

H.P	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilovatios									
0	0,00	0,746	1,492	2,237	2,983	3,729	4,475	5,221	5,966	6,712
10	7,458	8,204	8,950	9,696	10,441	11,187	11,933	12,679	13,425	14,171
20	14,916	15,662	16,408	17,154	17,900	18,645	19,391	20,137	20,883	21,629
30	22,375	23,120	23,866	24,612	25,358	26,104	26,849	27,595	28,341	29,087
40	29,833	30,579	31,324	32,070	32,816	33,562	34,308	35,053	35,799	36,545
50	37,291	38,037	38,783	39,528	40,274	41,020	41,766	42,512	43,258	44,003
60	44,749	45,495	46,241	46,987	47,732	48,478	49,224	49,970	50,716	51,462
70	52,207	52,953	53,699	54,445	55,191	55,936	56,682	57,428	58,174	58,920
80	59,666	60,411	61,157	61,903	62,649	63,395	64,140	64,886	65,632	66,378
90	67,123	67,870	68,615	69,361	70,107	70,853	71,599	72,344	73,090	73,836

Aplicación: Convertir 42,23 KW en horse power. 42,23 KW = 56,332 + 0,30848 = 56,64 H P

Convertir kilovatios en British Thermal Unit. 1 Kilovatio = 0,947988 B.t.u.

Kw	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	British Thermal Unit (B.t.u.)									
0	0,00	0,948	1,896	2,844	3,792	4,740	5,688	6,636	7,584	8,532
10	9,480	10,428	11,376	12,324	13,272	14,220	15,168	16,116	17,064	18,012
20	18,960	19,908	20,856	21,804	22,752	23,700	24,648	25,596	26,544	27,492
30	28,440	29,388	30,336	31,284	32,232	33,180	34,128	35,076	36,024	36,972
40	37,920	38,868	39,816	40,764	41,712	42,659	43,607	44,555	45,503	46,451
50	47,399	48,347	49,295	50,243	51,191	52,139	53,087	54,035	54,983	55,931
60	56,879	57,827	58,775	59,723	60,671	61,619	62,567	63,515	64,463	65,411
70	66,359	67,307	68,255	69,203	70,151	71,099	72,047	72,995	73,943	74,891
80	75,839	76,787	77,735	78,683	79,631	80,579	81,527	82,475	83,423	84,371
90	85,319	86,267	87,215	88,163	89,111	90,059	91,007	91,955	92,903	93,851

Convertir British Thermal Unit (B.t.u.) en kilovatios. 1 B.t.u. = 1,05487 kilovatios.

B.t.u.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilovatios									
0	0,00	1,055	2,110	3,165	4,219	5,274	6,329	7,384	8,439	9,494
10	10,549	11,604	12,658	13,713	14,768	15,823	16,878	17,933	18,988	20,042
20	21,097	22,152	23,207	24,262	25,317	26,372	27,427	28,481	29,536	30,591
30	31,646	32,701	33,756	34,811	35,866	36,920	37,975	39,030	40,085	41,140
40	42,195	43,250	44,304	45,359	46,414	47,469	48,524	49,579	50,634	51,689
50	52,743	53,798	54,853	55,908	56,963	58,018	59,073	60,128	61,182	62,237
60	63,292	64,347	65,402	66,457	67,512	68,566	69,621	70,676	71,731	72,786
70	73,841	74,896	75,951	77,005	78,060	79,115	80,170	81,225	82,280	83,335
80	84,390	85,444	86,499	87,554	88,609	89,664	90,719	91,774	92,829	93,883
90	94,938	95,993	97,048	98,103	99,158	100,213	101,267	102,322	103,377	104,432

Aplicación: Convertir 83,7 KW en B.t.u. 83,7 KW = 78,683 + 0,6636 = 79,346 B.t.u.

Unidades de potencia Conversiones	**CONVERSIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA KILOGRÁMETROS-HORSE POWER. KILOCALORÍAS-CABALLOS DE VAPOR**	**Tabla 18.15**

Convertir kilográmetros en horse power. 1 Kilográmetro = 0,0131509 horse power.

Kgm	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Horse power									
0	0,00	0,013	0,026	0,039	0,053	0,066	0,079	0,092	0,105	0,118
10	0,131	0,145	0,158	0,171	0,184	0,197	0,210	0,224	0,237	0,250
20	0,263	0,276	0,289	0,302	0,316	0,329	0,342	0,355	0,368	0,381
30	0,395	0,407	0,421	0,434	0,447	0,460	0,473	0,487	0,500	0,513
40	0,526	0,539	0,552	0,565	0,579	0,592	0,605	0,618	0,631	0,644
50	0,658	0,671	0,684	0,697	0,710	0,723	0,736	0,750	0,763	0,776
60	0,789	0,802	0,815	0,828	0,842	0,855	0,868	0,881	0,894	0,907
70	0,921	0,934	0,947	0,960	0,973	0,986	0,999	1,013	1,026	1,039
80	1,052	1,065	1,078	1,092	1,105	1,118	1,131	1,144	1,157	1,170
90	1,184	1,197	1,210	1,223	1,236	1,249	1,262	1,276	1,289	1,302

Convertir horse power en kilográmetros. 1 Horse power = 76,0402 kilográmetros.

HP	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilográmetros									
0	0,00	76,04	152,08	228,12	304,16	380,20	456,24	532,28	608,32	684,36
10	760,40	836,44	912,48	988,52	1064,6	1140,6	1216,6	1292,7	1368,7	1444,8
20	1520,8	1596,8	1672,9	1748,9	1825,0	1901,0	1977,0	2053,1	2129,1	2205,1
30	2281,2	2357,2	2433,3	2509,3	2585,4	2661,4	2737,4	2813,5	2889,5	2965,6
40	3041,6	3117,6	3193,7	3269,7	3345,8	3421,8	3497,8	3573,9	3649,9	3726,0
50	3802	3878	3954	4030	4106	4182	4258	4334	4410	4486
60	4562	4638	4714	4791	4867	4947	5017	5095	5171	5247
70	5323	5399	5475	5551	5627	5703	5779	5855	5931	6007
80	6083	6159	6235	6311	6387	6463	6539	6615	6691	6768
90	6847	6920	6996	7072	7148	7224	7300	7376	7452	7528

Aplicación: Convertir 475 kilográmetros en H. P. 475 Kgm. = 6,18 + 0,066 = 6,246 H. P

Convertir caballos de vapor en kilocalorías. 1 Caballo de vapor = 0,175673 kilocalorías

CV	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilocalorías									
0	0,00	0,175	0,351	0,527	0,702	0,878	1,054	1,229	1,405	1,581
10	1,756	1,932	2,108	2,283	2,459	2,635	2,810	2,986	3,162	3,337
20	3,513	3,689	3,864	4,040	4,216	4,391	4,567	4,743	4,918	5,094
30	5,270	5,445	5,621	5,797	5,972	6,148	6,324	6,499	6,675	6,851
40	7,026	7,202	7,378	7,553	7,729	7,905	8,080	8,256	8,432	8,607
50	8,783	8,959	9,134	9,310	9,486	9,661	9,837	10,013	10,188	10,364
60	10,540	10,715	10,891	11,067	11,242	11,418	11,594	11,770	11,945	12,121
70	12,297	12,472	12,648	12,824	12,999	13,175	13,351	13,526	13,702	13,878
80	14,053	14,229	14,405	14,580	14,756	14,932	15,107	15,283	15,459	15,634
90	15,810	15,986	16,161	16,337	16,513	16,688	16,864	17,040	17,215	17,391

Convertir kilocalorías en caballos de vapor. 1 Kilocaloría = 5,69237 caballos de vapor

Kcal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Caballos de vapor									
0	0,00	5,692	11,385	17,077	22,769	28,462	34,154	39,847	45,539	51,231
10	56,924	62,616	68,308	74,001	79,693	85,385	91,078	96,770	102,463	108,155
20	113,847	119,540	125,232	130,925	136,617	142,309	148,002	153,694	159,386	165,079
30	170,771	176,463	182,156	187,848	193,541	199,233	204,925	210,618	216,310	222,002
40	227,695	233,387	239,079	244,772	250,464	256,157	261,849	267,541	273,234	278,926
50	284,618	290,311	296,003	301,696	307,388	313,080	318,773	324,465	330,157	335,850
60	341,542	347,235	332,927	358,619	364,312	370,004	375,696	381,389	387,081	392,773
70	398,466	404,158	409,851	415,543	421,235	426,928	432,620	438,312	444,005	449,697
80	455,390	461,082	466,774	472,467	478,159	483,851	489,544	495,236	500,929	506,621
90	512,313	518,006	523,698	529,390	535,083	540,775	546,467	552,160	557,852	563,545

Aplicación: Convertir 475 kilocalorías en C.V. 475 Kcal = 2675,41 + 28,462 = 2703,872 C.V.

Unidades de potencia Conversiones	CONVERSIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA CABALLOS DE VAPOR-HORSE POWER. C.V.-BRITISH THERMAL UNIT	Tabla 18$_5$.15

Convertir caballos de vapor en horse power. 1 Caballo de vapor = 0,98632 horse power

C.V.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Horse power									
0	0,00	0,986	1,973	2,959	3,945	4,932	5,918	6,904	7,891	8,877
10	9,863	10,849	11,836	12,822	13,808	14,795	15,781	16,767	17,754	18,740
20	19,726	20,713	21,699	22,685	23,672	24,658	25,644	26,631	27,617	28,603
30	29,590	30,576	31,562	32,549	33,535	34,521	35,507	36,494	37,480	38,466
40	39,453	40,439	41,425	42,412	43,398	44,384	45,371	46,357	47,343	48,330
50	49,316	50,302	51,289	52,275	53,261	54,248	55,234	56,220	57,207	58,192
60	59,179	60,165	61,152	62,138	63,124	64,111	65,097	66,083	67,070	68,056
70	69,042	70,029	71,015	72,001	72,988	73,974	74,960	75,947	76,933	77,919
80	78,906	79,892	80,808	81,865	82,851	83,837	84,823	85,810	86,796	87,782
90	88,769	89,755	90,741	91,728	92,714	93,700	94,687	95,673	96,659	97,646

Convertir horse power en caballos de vapor. 1 Horse power 1,01387 caballos de vapor.

H.P.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Caballos de vapor									
0	0,00	1,014	2,028	3,042	4,055	5,069	6,083	7,097	8,111	9,125
10	10,138	11,153	12,166	13,180	14,194	15,208	16,222	17,236	18,250	19,263
20	20,277	21,291	22,305	23,319	24,333	25,347	26,361	27,374	28,388	29,402
30	30,416	31,430	32,444	33,458	34,472	35,485	36,499	37,513	38,527	39,541
40	40,555	41,569	42,582	43,596	44,610	45,624	46,638	47,652	48,666	49,680
50	50,693	51,707	52,721	53,735	54,749	55,763	56,777	57,791	58,804	59,818
60	60,832	61,846	62,860	63,874	64,888	65,901	66,915	67,929	68,943	69,957
70	70,971	71,985	72,999	74,012	75,026	76,040	77,054	78,068	79,082	80,096
80	81,110	82,123	83,137	84,151	85,165	86,179	87,192	88,207	89,221	90,234
90	91,248	92,262	93,276	94,290	95,304	96,318	97,331	98,345	99,359	100,373

Aplicación: Convertir 85,56 caballos de vapor en horse power. 85,56 C.V. = 83,837 + 0,55234 84,389 H.P.

Convertir caballos de vapor en British Thermal Unit. 1 Caballo de vapor = 0,69713 B.t.u.

C.V.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	British Thermal Unit (B.t.u.)									
0	0,00	0,697	1,394	2,091	2,789	3,486	4,183	4,880	5,577	6,274
10	6,971	7,668	8,366	9,063	9,760	10,457	11,154	11,851	12,548	13,245
20	13,943	14,640	15,339	16,034	16,731	17,428	18,125	18,823	19,520	20,217
30	20,914	21,611	22,308	23,005	23,702	24,400	25,097	25,794	26,491	27,188
40	27,885	28,582	29,279	29,977	30,674	31,371	32,068	32,765	33,462	34,159
50	34,856	35,554	36,251	36,948	37,645	38,342	39,039	39,736	40,434	41,131
60	41,828	42,525	43,222	43,919	44,616	45,313	46,011	46,708	47,405	48,102
70	48,799	49,496	50,193	50,890	51,588	52,285	52,982	53,679	54,376	55,073
80	55,770	56,468	57,165	57,862	58,559	59,256	59,953	60,650	61,347	62,045
90	62,742	63,439	64,136	64,833	65,530	66,227	66,924	67,622	68,319	69,016

Convertir British Thermal Unit en caballos de vapor. 1 B.t.u. 1,43445 caballos de vapor

B.t.u.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Caballos de vapor									
0	0,00	1,434	2,869	4,303	5,738	7,172	8,607	10,041	11,476	12,910
10	14,344	15,779	17,213	18,648	20,082	21,517	22,951	24,386	25,820	27,255
20	28,689	30,123	31,558	32,992	34,427	35,861	37,296	38,730	40,165	41,599
30	43,033	44,468	45,902	47,337	48,771	50,206	51,640	53,075	54,509	55,944
40	57,378	58,812	60,247	61,681	63,116	64,550	65,985	67,419	68,854	70,288
50	71,722	73,157	74,591	76,026	77,460	78,895	80,329	81,764	83,198	84,633
60	86,067	87,501	88,936	90,370	91,805	93,239	94,674	96,108	97,543	98,977
70	100,411	101,846	103,280	104,715	106,149	107,584	109,018	110,453	111,887	113,322
80	114,756	116,190	117,625	119,059	120,494	121,928	123,363	124,797	126,232	127,666
90	129,100	130,535	131,969	133,404	134,838	136,273	137,707	139,142	140,576	142,011

Aplicación: Convertir 475 B.t.u. en caballos de vapor. 475 B.t.u. = 674,19 + 7,172 – 681,372 C.V.

Unidades de potencia Conversiones	**CONVERSIÓN DE UNIDADES DE POTENCIA KILOCALORÍAS-HORSE POWER. KILOCALORÍAS-BRITISH THERMAL UNIT**	Tabla 18$_6$.15

Convertir kilocalorías en horse power. 1 Kilocaloría = 5,6145 horse power.

Kcal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Horse power									
0	0,00	5,614	11,229	16,843	22,458	28,072	33,687	39,301	44,916	50,530
10	56,145	61,759	67,374	72,988	78,603	84,217	89,832	95,446	101,061	106,675
20	112,290	117,904	123,519	129,133	134,748	140,362	145,977	151,591	157,206	162,820
30	168,435	174,049	179,664	185,278	190,893	196,507	202,122	207,736	213,351	218,965
40	224,580	230,194	235,808	241,423	247,037	252,652	258,266	263,881	269,495	275,110
50	280,725	286,340	291,954	297,569	303,183	308,798	314,412	320,027	325,641	331,256
60	336,870	342,485	348,099	353,714	359,328	364,943	370,557	376,172	381,786	387,401
70	393,015	398,630	404,244	409,859	415,473	421,088	426,702	432,317	437,931	443,546
80	449,160	454,775	460,389	466,004	471,618	477,232	482,847	488,461	494,076	499,690
90	505,305	510,919	516,534	522,148	527,763	533,377	538,992	544,606	550,221	555,835

Convertir horse power en kilocalorías. 1 Horse power = 0,17811 kilocalorías.

H P	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilocalorías									
0	0,00	0,178	0,356	0,534	0,712	0,891	1,069	1,247	1,425	1,603
10	1,781	1,959	2,137	2,315	2,494	2,672	2,850	3,028	3,206	3,384
20	3,562	3,740	3,918	4,097	4,275	4,453	4,631	4,809	4,987	5,165
30	5,343	5,521	5,700	5,878	6,056	6,234	6,412	6,590	6,768	6,947
40	7,124	7,303	7,481	7,659	7,837	8,015	8,193	8,371	8,549	8,727
50	8,905	9,084	9,262	9,440	9,618	9,796	9,974	10,152	10,330	10,508
60	10,687	10,865	11,043	11,221	11,399	11,577	11,755	11,933	12,111	12,290
70	12,468	12,646	12,824	13,002	13,180	13,358	13,536	13,714	13,893	14,071
80	14,249	14,427	14,605	14,783	14,961	15,139	15,317	15,496	15,674	15,852
90	16,030	16,208	16,386	16,564	16,742	16,920	17,099	17,277	17,455	17,633

Aplicación: Convertir 8,37 kilocalorías en horse power. 8,37 Kcal = 44,916 + 2,07736 = 46,9934 H. P

Convertir kilocalorías en British Thermal Unit. 1 Kilocaloría = 3,96832 B.t.u.

Kcal	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	British Thermal Unit (B.t.u.)									
0	0,00	3,968	7,937	11,905	15,873	19,842	23,810	27,778	31,747	35,715
10	39,683	43,651	47,620	51,588	55,556	59,525	63,493	67,461	71,430	75,398
20	79,366	83,335	87,303	91,271	95,240	99,208	103,176	107,145	111,113	115,081
30	119,050	123,018	126,986	130,955	134,923	138,891	142,860	146,828	150,796	154,764
40	158,733	162,701	166,669	170,638	174,606	178,574	182,543	186,511	190,479	194,448
50	198,416	202,384	206,353	210,321	214,289	218,258	222,226	226,194	230,163	234,131
60	238,099	242,068	246,036	250,004	253,972	257,941	261,909	265,877	269,846	273,814
70	277,782	281,751	285,719	289,687	293,656	297,624	301,592	305,561	309,529	313,497
80	317,466	321,434	325,402	329,371	333,339	337,307	341,276	345,244	349,212	353,180
90	357,149	361,117	365,085	369,054	373,022	376,990	380,959	384,927	388,895	392,864

Convertir British Thermal Unit en kilocalorías. 1 B.t.u. = 0,251996 kilocalorías.

B t u	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Kilocalorías									
0	0,00	0,252	0,504	0,756	1,008	1,260	1,512	1,764	2,016	2,268
10	2,520	2,772	3,024	3,276	3,528	3,780	4,032	4,284	4,536	4,788
20	5,040	5,292	5,544	5,796	6,048	6,300	6,552	6,804	7,056	7,308
30	7,560	7,812	8,064	8,316	8,568	8,820	9,072	9,324	9,576	9,828
40	10,080	10,332	10,584	10,836	11,088	11,340	11,592	11,844	12,096	12,348
50	12,600	12,852	13,104	13,356	13,608	13,860	14,112	14,364	14,616	14,868
60	15,120	15,372	15,624	15,876	16,128	16,380	16,632	16,884	17,136	17,388
70	17,640	17,892	18,144	18,396	18,648	18,900	19,152	19,404	19,656	19,908
80	20,160	20,412	20,664	20,916	21,168	21,420	21,672	21,924	22,176	22,428
90	22,680	22,932	23,184	23,436	23,688	23,940	24,182	24,444	24,696	24,948

Aplicación: Convertir 83,7 kilocalorías en B.t.u. 83,7 Kcal = 329,371 + 2,7778 = 332,149 B.t.u.

INDICE ANALITICO

C

CH

D

E

F

G

H

I

Nota.— Como se expresa en "A modo de prólogo", la obra carece de índice numérico; en el Sumario de la página 7 figura el número de la página de las Secciones en las que se ha dividido la obra, y en estas páginas se expone por orden numérico el contenido o temas de la Sección respectiva.